



TUGAS AKHIR TF141581

**EVALUASI NILAI *AIRBORNE SOUND INSULATION*
DAN PREDIKSI *FLANKING PATH*
PADA RUANG KELAS UPT BAHASA ITS**

**RANTI DWI TASSIA
NRP. 2412 100 092**

**Dosen Pembimbing
Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.**

**JURUSAN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



FINAL PROJECT TF141581

EVALUATION OF AIRBORNE SOUND INSULATION AND PREDICTION OF FLANKING PATH IN UPT BAHASA ITS CLASS ROOM

**RANTI DWI TASSIA
NRP. 2412 100 092**

**Supervisor
Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.**

**DEPARTEMENT OF ENGINEERING PHYSICS
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institut Of Technology
Surabaya 2016**

LEMBAR PENGESAHAN
EVALUASI NILAI AIRBORNE SOUND INSULATION
DAN PREDIKSI FLANKING PATH PADA RUANG
KELAS UPT BAHASA ITS

TUGAS AKHIR

Oleh :

Ranti Dwi Tassia
NRP : 2412 100 092

Surabaya, Juli 2016
Mengetahui/ Menyetujui

Pembimbing I



Ir. Wiratno Argo Asmoro, MSc.
NIP 19600209 198701 1 001

Ketua Jurusan
Teknik Fisika FTI- ITS



Agus Muhammad Hana, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP 19780902 200312 1 002

**EVALUASI NILAI AIRBORNE SOUND INSULATION
DAN PREDIKSI FLANKING PATH PADA RUANG
KELAS UPT BAHASA ITS**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi Rekayasa Akustik dan Fisika Bangunan

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Fisika

Fakultas Teknologi Industri




Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

RANTI DWI TASSIA

NRP : 2412 100 092

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.  (Pembimbing I)
2. Dr. Dhany Arifianto S.T., M. Eng.  (Penguji I)
3. Andi Rahmadiansah, S.T., M.T.  (Penguji II)

SURABAYA,

Juli 2016

EVALUASI NILAI *AIRBORNE SOUND INSULATION* DAN PREDIKSI *FLANKING PATH* PADA RUANG KELAS UPT BAHASA ITS

Nama Mahasiswa : Ranti Dwi Tassia
NRP : 2412100092
Jurusan : Teknik Fisika FTI – ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Wiratno Argo Asmoro, MSc

Abstrak

UPT Bahasa merupakan salah satu unit milik ITS yang memfasilitasi mahasiswa maupun umum dalam rangka mengikuti *course program*, *test program* dan kegiatan budaya lainnya. Performansi dari ruang kelas yang ada pada gedung UPT khususnya dari segi kenyamanan akustik merupakan aspek yang penting untuk diperhitungkan. Salah satu parameter untuk meninjau kenyamanan akustik adalah berdasarkan nilai insulasi partisi pada ruang kelas. Nilai insulasi dapat dinyatakan dengan nilai rugi transmisi bunyi yang diubah menjadi sebuah nilai tunggal yaitu *weighted sound reduction index* (R_w , D_nT_w) dan mempunyai penambahan faktor koreksi suara frekuensi rendah (C , C_{tr}). Pada penelitian ini pengukuran dilakukan pada dua posisi titik pengambilan data dengan menggunakan *microphone* BSWA dan *speaker dodecahedron* sebagai sumber suara. Hasil pengukuran di lapangan menunjukkan nilai insulasi akustik yang diperoleh ($D_nT_w + C$) adalah sebesar 19,6 dB. Hasil yang diperoleh sangat jauh jika dibandingkan dengan standar yang ada yaitu $D_nT_w + C > 51$ dB. Oleh sebab itu perlu adanya perancangan ulang untuk meningkatkan insulasi akustik pada partisi ruang kelas. Pada perancangan dipilih beberapa material yaitu *gypsum board*, *plasterboard*, *cement board*, dan PVC. Berdasarkan hasil yang diperoleh, semua material yang disimulasikan sesuai dengan standar yang ditetapkan. Nilai insulasi terbaik sebesar 69 dB dimiliki material *cement board* dengan ketebalan 12.5 mm pada masing-masing sisi dan material *absorber* sebesar 50 mm.

selain itu banyak faktor yang menyebabkan peningkatan nilai insulasi akustik, diantaranya adalah ketebalan panel, penambahan material *absorber*, densitas, dan *poisson's ratio* suatu material. Untuk prediksi *flanking path* pada ruang kelas ditinjau dari nilai *noise reduction* pada tiap titik pengukuran. Berdasarkan hasil data yang diperoleh, tidak ada perubahan *noise reduction* yang signifikan yang ditinjau dari tiap titik sehingga jalur *flanking* tidak berpengaruh besar terhadap transmisi suara pada ruang kelas.

Kata Kunci—Insulasi, Dinding Partisi, Perancangan, *Flanking Path*

EVALUATION OF AIRBORNE SOUND INSULATION AND PREDICTION OF FLANKING PATH IN UPT BAHASA CLASS ROOM

Name : Ranti Dwi Tassia
NRP : 2412100092
Department : Engineering Physics FTI- ITS
Supervisor : Ir.Wiratno Argo Asmoro, M.sc

Abstract

UPT Bahasa is one of the units belonging to ITS that facilitating the students and the public in order to attend the course program, test program and other cultural activities. The performance of the existing classrooms at UPT bahasa in terms of acoustic comfort is an important aspect to be taken into account. One of the parameters to review the acoustic comfort is based on the value of the insulation partition in the classroom. The insulation value can be expressed by the sound transmission loss which converted into a single value as weighted sound reduction index (R_w , D_nT_w) and also have an additional sound correction factor in low frequency (C , C_{tr}). In this study, the measurements were performed in two positions at each point using BSWA microphone and dodecahedron speaker as the sound source. The results of field measurements indicate the acoustic insulation values ($D_nT_w + C$) is 19.6 dB. It is noted that the partition wall not according to the standard $D_nT_w + C > 51$ dB. Hence the partition wall need to be redesign to improve acoustic insulation in the classroom. The design used gypsum boardm plasterboard, cement board, and PVC as the replacement material. Based on the results, all the material is simulated in accordance with established standards. Best insulation is cement board with the insulation value is 69dB and the

thickness of 12.5 mm on each side and the absorber material is 50 mm. Many factors lead to increase the value of acoustic insulation, such as the thickness of the panel, the addition of absorber material, density, and Poisson's ratio of a material. The prediction of flanking path can be estimated from noise reduction values at each measurement point in the class room. Based on data obtained, there is no significant change in noise reduction from each point so that the pathway of flanking is not affect the sound transmission in the classroom.

Key Words—*Sound Insulation, Wall Partitions, Design, Flanking Path.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur senantiasa selalu diucapkan kepada Allah SWT yang maha pengasih dan maha penyayang. Karena dengan limpahan rahmat ilmu, kekuatan, kesehatan, dan semangat sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir dengan judul:

EVALUASI NILAI *AIRBORNE SOUND INSULATION* DAN *PREDIKSI FLANKING PATH* PADA RUANG KELAS UPT BAHASA ITS

Salawat dan salam tidak lupa selalu kita haturkan kepada nabi Muhammad SAW, yang sangat berjasa membawa umat islam menuju jalan kebenaran yang penuh dengan rahmat Allah SWT.

Dalam pembuatan tugas akhir ini penulis banyak sekali mendapat bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih atas bantuan dan motivasi kepada:

1. Kedua orang tua, kakak, dan seluruh keluarga besar saya atas segala dukungan baik moril maupun materiil, serta doa yang telah diberikan kepada saya.
2. Bapak Agus Muhammad Hatta, ST, Msi, Ph.D selaku ketua Jurusan Teknik Fisika ITS.
3. Bapak Ir. Wiratno Argo Asmoro, MSc. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan banyak ilmu serta petunjuk yang bermanfaat.
4. Bapak Dr. Dhany Arifianto ST, M.Eng selaku Kalab Vibrasi dan Akustik yang turut membimbing pengerjaan tugas akhir.
5. Mbak Vita dari pihak SAR UPT Bahasa ITS yang bersedia untuk membantu demi kelancaran penelitian ini.
6. Ainun, Saptian, Qomar, Fandy, Hafizh, Fanish, Dhias, Icha, Harisma, Alinda, Taufan, Amron, Nita, dan teman-teman member Lab. Vibrasi dan Akustik yang turut mengurus otak dan tenaganya untuk membantu menyelesaikan penelitian.
7. Mbak Eci dari pihak UGM yang bersedia untuk membantu dalam pengambilan data penelitian ini.

8. Sahabat tercinta, Nindya, Dian, Siti, Vira, dan Agustio yang selalu hadir dan memberikan dukungan, motivasi, serta semangat selama menyelesaikan tugas akhir.
9. Talitha, Febria, Moudy, Angela, Ica, Wahani, Fardan, Danang, dan teman-teman seperjuangan yang telah membantu dan memotivasi saya dalam penyelesaian tugas akhir ini.
10. Seluruh teman-teman angkatan 2012 Teknik Fisika ITS yang telah banyak memberi semangat, bantuan, dan banyak pengalaman selama menjalankan perkuliahan di Teknik Fisika.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih atas bantuannya.

Penulis menyadari masih ada beberapa kekurangan yang terdapat pada penyusunan tugas akhir ini. Mudah-mudahan bisa menjadi salah satu bahan referensi untuk pengembangan tugas akhir sejenis ke depannya. Semoga bisa menjadi berkah bagi penulis dan semua yang membaca.

Surabaya, Juni 2016

Penulis.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR SIMBOL	xxi
 BAB I	
PENDAHULUAN	
1.1	1
1.2	2
1.3	2
1.4	3
1.5	3
1.6	3
 BAB II	
TINJAUAN PUSTAKA	
2.1	5
2.2	5
2.3	6
2.4	10
2.5	11
2.6	12
 BAB III	
METODOLOGI PENELITIAN	
3.1	18
3.2	21
3.3	22
3.4	22

3.5	Simulasi Perancangan Dinding Partisi	23
BAB IV	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
4.1	Analisa Data	25
4.1.1	Data Pengukuran RT30	25
4.1.2	Data Pengukuran <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)	27
4.1.3	Perancangan Simulasi Dinding Partisi Ruang Kelas UPT Bahasa	38
4.2	Pembahasan	47
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1	Kesimpulan	51
5.2	Saran	51
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN A		
LAMPIRAN B		
BIODATA PENULIS		

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Pengukuran <i>Transmission Loss</i> (Long,2006)	8
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir	17
Gambar 3.2 Ruang <i>Existing</i> Ruang Kelas UPT Bahasa Lantai 2	19
Gambar 3.3 Titik Pengukuran Posisi 1	19
Gambar 3.4 Titik Pengukuran Posisi 2	20
Gambar 3.5 Sketsa Dinding Partisi Kondisi <i>Existing</i>	20
Gambar 3.6 Posisi Sumber Suara dalam Ruang Kelas	21
Gambar 4.1 Perbandingan Kurva D_{nT} terhadap Kurva Referensi Posisi 1	29
Gambar 4.2 Perbandingan Kurva D_{nT} terhadap Kurva Referensi Posisi 2	32
Gambar 4.3 Titik Pengamatan Jalur <i>Flanking</i>	37
Gambar 4.4 <i>Noise Reduction</i> pada Titik 1 dan Titik 2	38
Gambar 4.5 <i>Noise Reduction</i> pada Titik 3 dan Titik 4	38
Gambar 4.6 Perbandingan Kurva D_{nT} Simulasi dan Kurva Pengukuran <i>on-site</i>	39
Gambar 4.7 Perbandingan Kurva D_{nT} terhadap Kurva Referensi Perancangan 1	41
Gambar 4.8 Perbandingan Kurva D_{nT} terhadap Kurva Referensi Perancangan 2	42
Gambar 4.9 Perbandingan Kurva D_{nT} terhadap Kurva Referensi Perancangan 3	44
Gambar 4.10 Perbandingan Kurva D_{nT} terhadap Kurva Referensi Perancangan 4	46
Gambar 4.11 Pemilihan Material Dinding Partisi Pengganti	46

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 RT30 Pada Ruang 5	26
Tabel 4.2 Data Pengukuran SPL Dinding Partisi (<i>Exising</i>) Posisi 1	27
Tabel 4.3 Perhitungan D_{nT} dan $D_{nTw}+C$ Posisi 1	28
Tabel 4.4 Perhitungan Nilai Spektrum C Posisi 1	28
Tabel 4.5 Data Pengukuran SPL Dinding Partisi (<i>Exising</i>) Posisi 2	30
Tabel 4.6 Perhitungan D_{nT} dan $D_{nTw}+C$ Posisi 2	31
Tabel 4.7 Perhitungan Nilai Spektrum C Posisi 2	31
Tabel 4.8 Nilai <i>Transmission Loss</i> Material Homogen	33
Tabel 4.9 Spesifikasi Material <i>Plywood</i>	34
Tabel 4.10 Perhitungan D_{nT} dan $D_{nTw}+C$ Simulasi	34
Tabel 4.11 Perbandingan Nilai <i>Transmission Loss</i>	35
Tabel 4.12 <i>Noise Reduction</i> pada Titik Pengamatan	36
Tabel 4.13 Spesifikasi Material <i>Gypsum Board</i>	40
Tabel 4.14 Perhitungan Nilai Insulasi <i>Gypsum Board</i>	40
Tabel 4.15 Spesifikasi Material <i>Plasterboard</i>	41
Tabel 4.16 Perhitungan Nilai Insulasi <i>Plasterboard</i>	42
Tabel 4.17 Spesifikasi Material <i>Cement Board</i>	43
Tabel 4.18 Perhitungan Nilai Insulasi <i>Cement Board</i>	43
Tabel 4.19 Spesifikasi Material PVC	44
Tabel 4.20 Perhitungan Nilai Insulasi PVC	45

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR SIMBOL

SPL	<i>Sound pressure level</i>
TL	<i>Transmission Loss</i>
L_S	<i>Sound pressure level</i> ruang sumber
L_R	<i>Sound pressure level</i> ruang penerima
S_w	Luas permukaan dinding partisi
R	Konstanta ruang
NR	<i>Noise Reduction</i>
$\bar{\alpha}$	Koefisien absorpsi bunyi rata- rata
V	Volume Ruangan
P	Tekanan bunyi
P_{ref}	Tekanan bunyi referensi
\overline{SPL}	<i>Sound pressure level</i> rata- rata
A	Total luas penyerapan
RT30	<i>Reverberation time 30</i>
D_{nT}	<i>Standardized Level Difference</i>
D_{nTw}	<i>Weighted Standardized Level Difference</i>
C, C_{tr}	Spektrum faktor koreksi suara frekuensi rendah
R_w	<i>Weighted sound reduction index</i>
T	Waktu dengung ruang penerima
T_0	Waktu dengung referensi sebesar 0,5 s
m	Massa perunit area dari material
f	frekuensi
R_{M1+M2}	<i>Transmission loss</i> total massa kedua panel
R_1, R_2	<i>Transmission loss single panel</i>
d	Jarak antar panel
f_0	Frekuensi resonansi dari rongga udara
f_d	Frekuensi resonansi structural (panel)
f_c	Frekuensi kritis
c_0	Cepat rambat suara di udara
η_{tot}	<i>Total loss factor</i>
ρ	Massa jenis material
Y	Modulus young dari panel
h	Ketebalan panel

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perancangan suatu bangunan saat ini sebagian besar sudah memperhatikan dan mempertimbangkan beberapa aspek. Aspek-aspek tersebut meliputi nilai estetika bangunan, faktor energi, dan kenyamanan. Faktor kenyamanan dari suatu bangunan dibagi menjadi tiga, yaitu ditinjau dari segi kenyamanan termal, kenyamanan akustik, dan pencahayaan. Kenyamanan dari segi akustik merupakan salah satu yang harus dipertimbangkan pada perancangan karena pada dasarnya suatu bangunan dibangun berdasarkan fungsi tertentu.

Salah satu bangunan/unit milik ITS yang memfasilitasi mahasiswa maupun umum dalam rangka mengikuti *course program* dan *test program* adalah UPT Bahasa. Bangunan UPT Bahasa ITS berlokasi di Jalan Raya ITS, Sukolilo yang terdiri dari dua tingkat dimana ruang kelas untuk melaksanakan kegiatan tersebut berada di lantai satu dan lantai dua. Pada saat kegiatan berlangsung, salah satu kendala yang ditemui oleh peserta adalah adanya transmisi suara yang masuk ke dalam ruangan kelas. Ditambah lagi ketika terdapat dua ruangan bersebelahan yang sedang melaksanakan kegiatan secara bersamaan. Hal ini menyebabkan ketidaknyamanan akustik pada ruangan tersebut. Ketidaknyamanan ini merupakan salah satu sebab dari penyimpangan aspek-aspek akustik.

Akustik adalah sebuah fenomena dimana gelombang bunyi mengalami proses pemantulan dan penyerapan (Nugraha,2015). Banyak faktor akustik yang dapat menjadi bahan pertimbangan dalam perancangan suatu bangunan, salah satunya adalah *transmission loss*. *Transmission loss* (TL) atau rugi transmisi bunyi menyatakan besarnya sebagian energi yang hilang karena gelombang bunyi melewati suatu penghalang (Hemond,1983). Berdasarkan peraturan menurut standard eropa, yaitu EN ISO 717-1 nilai *transmission loss* dihitung per frekuensi pada rentang tertentu dan akan diubah menjadi satu nilai tunggal yaitu

weighted sound reduction index (R_w , D_{nTw}). Jika semakin besar nilai $D_{nTw}+C$, maka semakin besar pula kemampuan suatu partisi untuk meredam bunyi (Rachmawati,2013). Sebelumnya, penelitian dibidang ini telah dilakukan oleh saudari Fitri Rachmawati dengan judul “Peningkatan Insulasi Akustik dari Dinding Partisi antar Kamar Berdasarkan Nilai Rugi Transmisi Bunyi”. Penelitian tersebut berisikan perancangan ulang dinding partisi kamar tidur hotel di Bandara Juanda berdasarkan nilai rugi transmisi bunyi.

Penulisan tugas akhir ini akan memberikan evaluasi terhadap jenis material dinding partisi yang digunakan pada ruangan kelas UPT Bahasa ITS dengan melakukan simulasi dan perhitungan perancangan jenis material dinding partisi berdasarkan nilai tunggal insulasi suara di udara. Pemilihan tempat pada ruang kelas UPT Bahasa ITS disebabkan adanya kendala yang ditemui yaitu transmisi suara yang masuk didalam ruangan ketika kedua ruangan melaksanakan kegiatan secara bersamaan sehingga mengganggu kegiatan yang sedang berlangsung. Oleh karena itu, dibutuhkan dinding partisi sebagai pemisah ruang kelas dengan insulasi suara yang baik dan sesuai dengan syarat minimal standar yang telah ditentukan.

1.2 Rumusan Permasalahan

Adapun beberapa permasalahan yang dihadapi dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara meninjau nilai insulasi suara (*airborne sound insulation*) pada ruang kelas di UPT Bahasa ITS?
2. Bagaimana prediksi *flanking path* pada ruang kelas di UPT Bahasa ITS?
3. Bagaimana bentuk evaluasi yang dilakukan pada partisi kelas berdasarkan nilai insulasi suara di udara pada ruang kelas UPT Bahasa?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menghindari meluasnya permasalahan, maka diperlukan batasan masalah sebagai berikut :

1. Jenis material partisi yang diukur adalah *Plywood* 12 mm yang telah dilapisi dengan cat.
2. Insulasi suara yang dipertimbangkan dalam tugas akhir ini adalah *Airbone Sound Insulation*, yaitu isolasi terhadap kebisingan yang berasal dari udara.
3. Standar yang digunakan mengacu pada standar eropa.
4. Simulasi perancangan bebas dari kopling mekanik sehingga tidak ada koneksi secara struktural.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui seberapa besar nilai insulasi suara di udara (*Airborne sound insulation*) pada ruang kelas di UPT Bahasa ITS.
2. Untuk mengetahui prediksi *flanking path* pada ruang kelas UPT Bahasa ITS.
3. Untuk memberikan evaluasi berdasarkan nilai insulasi suara di udara pada ruang kelas UPT Bahasa ITS.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian tugas akhir ini diharapkan dapat membawa manfaat dalam menentukan nilai insulasi akustik di ruang kelas UPT bahasa terutama pada ruang kelas 4 dan ruang 5 serta sebagai referensi dalam membantu untuk memilih material dinding partisi yang baik dalam menginsulasi suara pada ruang kelas.

1.6 Sistematika Laporan

Pada tugas akhir ini penulisannya secara sistematis dan terbagi menjadi lima bab, yaitu sebagai berikut.

BAB I Pendahuluan

Bab ini dijelaskan tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika laporan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini dijelaskan tentang landasan teori yang berkaitan dengan topik tugas akhir.

BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini dijelaskan mengenai langkah-langkah pengerjaan dari awal hingga tugas akhir selesai dilaksanakan.

BAB IV Analisis dan Pembahasan

Bab ini dijelaskan mengenai hasil pengolahan data dan analisa dari data yang telah didapatkan.

BAB V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran yang lebih baik untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Akustik Bangunan

Fenomena akustik menyebabkan perubahan sifat dari suara yang diakibatkan dari pengaruh lingkungan sekitar. Akustik bangunan merupakan bagian dari akustik ruangan karena kedua fenomena tersebut merujuk pada propagasi suara di gedung-gedung. Jika dilihat dari segi tujuan, akustik ruang lebih cenderung untuk mengoptimalkan transmisi suara pada suatu ruangan, sedangkan akustik bangunan bertujuan untuk menghambat transmisi suara antar ruangan dari bangunan serta untuk mencegah kebisingan dari luar saat memasuki ruangan dalam gedung.

Dalam akustik bangunan, dasar dari suatu bangunan terdiri dari dinding, lantai, dan langit-langit yang memisahkan antara ruang satu dan ruang yang lainnya. Untuk mendesain ruangan dalam suatu bangunan perlu adanya suatu perlindungan dalam mengurangi kebisingan dengan cara membangun insulasi suara yang baik pada dinding pemisah ruangan. Dalam akustik bangunan, performansi nilai insulasi bunyi ditinjau dari dua cara yaitu insulasi bunyi di udara dalam ruangan dan insulasi bunyi pada struktur bangunan.

2.2 *Sound Pressure Level (SPL)*

Sound Pressure Level (SPL) adalah cara mengukur kuat bunyi berdasarkan logaritma perbandingan tekanan udara dengan satuan decibel (dB). Udara mengalami perubahan tekanan jika dilalui energi bunyi. Molekulnya akan merapat dan meranggang. Tekanan yang terjadi ini dibandingkan dengan tekanan acuan (Nur Laela, 2015) SPL menjadi salah satu parameter yang digunakan untuk menentukan kualitas persebaran bunyi di dalam ruangan.

Syarat agar pendengar dapat menangkap informasi yang disampaikan meskipun dalam posisi berbeda adalah selisih antara tingkat tekanan bunyi terjauh dan terdekat tidak lebih dari 6 dB. (Aji, 2014) Distribusi tingkat tekanan bunyi dikatakan merata (*diffuse*), bila sumber bunyi pada ruangan tersebut mampu mengeluarkan bunyi dengan tingkat suara yang dapat menjangkau pendengar terjauh. Untuk mengetahui nilai SPL yang dikeluarkan sumber bunyi, dapat menggunakan persamaan berikut ini:

$$SPL = 10 \log \frac{p^2}{P_{ref}^2} \quad (2.1)$$

Dimana:

SPL : *sound pressure level* (dBA)

P : tekanan bunyi (Pa)

P_{ref} : tekanan bunyi referensi: $2 \cdot 10^{-5}$ (Pa)

Apabila terdapat lebih dari satu pengukuran SPL dalam 1 ruangan, dapat digunakan persamaan berikut:

$$\overline{SPL} = 10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{SPL_i/10} \right] \quad (2.2)$$

Dimana:

\overline{SPL} : *sound pressure level* rata-rata (dBA)

n : jumlah pengukuran

i : titik pengukuran ke-i

SPL_i : SPL pada titik ke-i (dBA)

2.3 Insulasi Bunyi

Sound Insulation atau insulasi bunyi adalah kemampuan suatu elemen bangunan atau struktur untuk mengurangi transmisi suara. Untuk mengetahui insulasi bunyi dari suatu material, perlu diperhitungkan daerah partisi atau dinding pemisah, volume, dan sifat penyerapan suara dari ruang penerima. Terdapat dua jenis insulasi bunyi yang harus dipertimbangkan dalam konstruksi bangunan :

- *Airbone Sound Insulation*

Airbone Sound Insulation yaitu isolasi terhadap kebisingan yang berasal dari udara. Misalnya, suara percakapan, musik, lalu lintas motor, suara angin, dan lain-lain.

- *Impact Sound Insulation*

Impact Sound Insulation merupakan isolasi terhadap kebisingan yang berasal langsung dari struktur bangunan karena terkena dampak pukulan atau getaran. Misalnya, langkah kaki yang berasal dari ruangan atas, pengeboran, *furniture* yang dipindahkan, pemakuan pada struktur, dan lain-lain.

Pada penelitian ini meninjau insulasi bunyi di udara (*Airborne Sound Insulation*). Insulasi bunyi merupakan faktor penting dalam meninjau kenyamanan suatu ruang. Kualitas dari suatu insulasi bunyi dapat dinyatakan dengan nilai rugi transmisi bunyi (*Transmission Loss*). *Transmission loss* merupakan besaran nilai insulasi pada suatu partisi, dimana semakin besar nilai kerugiannya maka semakin besar kemampuan suatu bahan dalam menginsulasi suara (Hemond, 1983). Nilai *transmission loss* diukur dari rentang frekuensi tertentu, nilai ini dapat diperoleh dari persamaan berikut ini (Barron, 2001) :

$$R = L_S - L_R + 10 \log \frac{S_w}{R_r} \quad (2.3)$$

$$NR = L_S - L_R \quad (2.4)$$

$$R = NR + 10 \log \frac{S}{A} \quad (2.5)$$

Dimana :

R : *Transmission Loss* (dB)

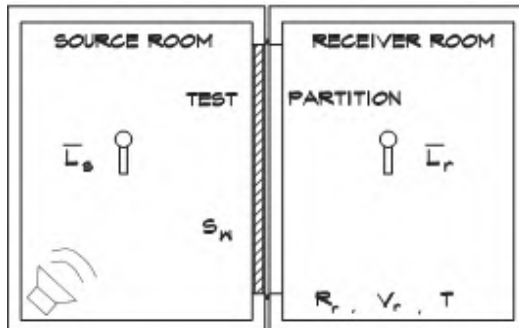
L_s : *Sound Pressure Level* ,rata-rata ruang sumber bunyi (dB)

L_R : *Sound Pressure Level*,rata-rata ruang penerima bunyi(dB)

S_w : Area Permukaan Transmisi (m^2)

R_r : Besaran absorpsi ruang penerima (m^2 .sabins)

NR : *Noise Reduction* (dB)



Gambar 2.1 Pengukuran *Transmission Loss* (Long, 2006)

Jika *transmission loss* merupakan nilai insulasi suatu partisi pada rentang frekuensi tertentu, maka R_w (*weighted sound reduction index*) merupakan nilai tunggal insulasi suara yang didapatkan melalui pengukuran laboratorium. Sedangkan D_{nTw} (*weighted standardized level difference*) didapatkan dari hasil pengukuran langsung di tempat (*on-filed*). Hasil pengukuran ini diizinkan lebih rendah 5 dB dari nilai R_w .

Prosedur untuk menghitung nilai tunggal D_{nTw} berdasarkan BS EN ISO 717-1:1997 dan BS EN 140-4:2008. Dimulai dari mendapatkan nilai rata-rata *sound pressure level* dari 4 titik pengukuran yang ditentukan secara acak baik pada ruang sumber maupun ruang penerima. Titik pengukuran pada saat pengambilan SPL harus berjarak paling kurang 0,7 m dengan titik lainnya pada garis horizontal. Rentang frekuensi yang dipakai pada pengukuran ini terletak pada rentang 100-3150 Hz (1/3 oktaf) (Whitfield,2005). Jika nilai SPL rata-rata pada kedua ruang telah didapatkan, kemudian dihitung nilai

D_{nTw} dengan menggunakan persamaan berikut (Harris,dkk.,2007).

$$D_{nT} = L_S - L_R + 10 \log \frac{T}{T_0} \quad (2.6)$$

Dimana :

D_{nTw} : *standardized level difference* (dB)

L_S : *sound pressure level* pada ruang sumber (dB)

L_R : *sound pressure level* pada ruang penerima (dB)

T : waktu dengung pada ruang penerima (s)

T_0 : waktu dengung referensi sebesar 0,5 s

Setelah diperoleh nilai D_{nTw} , nilai tersebut dibandingkan dengan nilai referensi. Pada frekuensi 500 Hz, perbedaan nilai D_{nTw} dan nilai referensi tidak boleh lebih dari satu. Jika lebih dari satu nilai referensinya harus digeser sehingga mendekati nilai D_{nTw} . Nilai yang digeser pada frekuensi 500 Hz merupakan nilai D_{nTw} . Sebelum melakukan pergeseran, selisih total antara nilai referensi dan D_{nTw} baik yang positif maupun yang negatif tidak boleh lebih dari 32. Setelah referensi digeser, maka selisih nilai juga digeser sebesar nilai referensi dan dihitung total nilai positif dan negatif. Jika sebelum digeser total nilai positif atau negatif dari selisih tersebut melebihi 32 maka setelah dilakukan pergeseran nilai yang diperoleh harus bernilai kurang dari 32 dB.

Pada D_{nTw} dan R_w terdapat penambahan faktor koreksi suara frekuensi rendah (C, C_{tr}). Selain selisih antara referensi dan nilai D_{nTw} , dihitung pula selisih antara spektrum C dan nilai D_{nT} . Kemudian diperoleh nilai C dengan persamaan berikut:

$$C = -10 \log \left(\sum_{i=1}^{16} 10^{(-C_{spec i} - D_{nT i})/10} \right) - D_{nTw} \quad (2.7)$$

Dimana :

- C_{spec} : spektrum faktor koreksi suara frekuensi rendah (dB)
 D_{nT} : *standardized level difference* (dB)
 D_{nTw} : *weighted standardized level difference* (dB)

2.4 Reverberation Time

Dengung merupakan bunyi yang berlangsung terus-menerus sebagai akibat pemantulan yang berturut-turut dalam ruang tertutup setelah bunyi dihentikan. (Heinz, dkk, 2008). Lamanya dengung yang terjadi di dalam ruangan dinyatakan dengan RT60 (*Reverberation Time 60*) dalam satuan detik.

RT 60 adalah waktu yang dibutuhkan suatu bunyi untuk turun intensitasnya sebanyak 60 dB ketika bunyi dihentikan (Heinz, dkk, 2008). RT60 dapat diukur menggunakan konsep energi tunak maupun energi impuls. Waktu dengung tidak hanya didasarkan pada perluruhan bunyi sebesar 60 dB saja, akan tetapi juga dipengaruhi lamanya pantulan awal (*Early Decay Time*), dan peluruhan suara yang terjadi kurang dari 60 dB, seperti 15 dB (RT 15), 20 dB (RT 20), dan 30 dB (RT 30).

Semakin besar nilai penyerapan suaranya maka semakin rendah nilai *reverberation time* yang diperoleh dari ruangan tersebut. Sebaliknya, semakin besar ruangan maka akan semakin besar pula *reverberation time* yang didapat. Hal tersebut dikarenakan semakin sedikitnya suara yang menembus area penyerapan energi suaranya. Berdasarkan persamaan yang dirumuskan oleh Sabine, perhitungan waktu dengung (RT 60) suatu ruangan ditentukan oleh volume ruangan (m^3) dan total penyerapan ruang (m^2 sabin):

$$RT = 0,16 \frac{V}{A} \quad (2.8)$$

Dimana:

- RT : waktu dengung (detik)
 V : volume ruangan (m^3)
 A : total luas penyerapan (m^2 sabin)

Absorpsi yang terjadi pada permukaan ruangan diperoleh dengan cara mengalikan luas permukaan bahan (S) dengan koefisien penyerapan bahan (α) dan penyerapan total. Perkalian ini dengan mengikutsertakan penyerapan bunyi oleh benda lain dalam ruangan (bangku, karpet, meja, dll). Rumus total penyerapannya:

$$A = S_1\alpha_1 + S_2\alpha_2 + S_3\alpha_3 + \dots + \dots \text{ dst} \quad (2.9)$$

Pada penelitian ini, digunakan waktu dengung dengan peluruhan sebesar 30 dB (RT30). RT 30 merupakan waktu yang dibutuhkan suatu bunyi untuk turun intensitasnya sebanyak 30 dB ketika bunyi dihentikan berdasarkan kurva garis lurus dengan kesesuaian antara titik -5 dB untuk -35 dB pada kurva *Schroeder*. RT30 biasanya digunakan untuk mengukur waktu dengung pada ruangan yang memiliki volume relatif kecil. Nilai peluruhan pada RT 30 kemudian diekstrapolasi ke RT 60 dengan asumsi bahwa bagian dari peluruhan yang diambil merupakan perwakilan untuk seluruh peluruhan. Hal inilah yang digunakan untuk pengukuran pada umumnya dalam menentukan kisaran yang digunakan pada RT 30 ataupun RT 20. Semuanya memiliki nilai numerik yang sama jika peluruhannya adalah linear.

2.5 Flanking

Flanking muncul ketika suara dari sumber bunyi ditransmisikan melalui jalur selain dari transmisi secara langsung melalui dinding pemisah atau partisi antara ruang sumber dan penerima di sisi berlawanan dari dinding. (Daniel R, 2006) Menurut standar EN ISO 10848-1, *flanking normalized level difference* ($D_{n,f}$) dapat dihitung dengan rumusan sebagai berikut (Melián, 2014):

$$D_{n,f} = L1 - L2 - 10 \log\left(\frac{A}{A_0}\right) \quad (2.10)$$

Dimana :

L1 = SPL pada ruang sumber bunyi (dB)

L2 = SPL pada ruang penerima (dB)

A = Daerah penyerapan suara di ruang penerima (m²)

A₀ = Daerah penyerapan suara setara referensi, A₀ = 10m².

Apabila terdapat sumber bunyi, hal ini menyebabkan semua permukaan pada ruang bergetar. Beberapa getaran yang ditransmisikan di lantai, langit-langit, dan dinding yang berdekatan, dan kemudian melalui lantai / dinding dan persimpangan dinding ke permukaan sesuai dari ruang yang berdekatan, di mana ia dipancarkan sebagai *flanking sound*. (Quirt J.D, 2008)

2.6 Material Insulasi

Ketika bunyi merambat melalui medium udara, perambatannya dapat dibatasi dengan pemasangan objek yang mampu menghalangi perambatan bunyi tersebut (Mediastika, 2005). Perilaku penyebaran bunyi dalam ruangan ditentukan oleh elemen pembatas ruangan. Elemen pembatas ruangan memiliki karakteristik memantulkan, menyerap, dan mentransmisikan punyi. Elemen pembatas atau yang biasa disebut dinding partisi, digunakan untuk mengisolasi suara sehingga transmisi suara dari satu ruangan keruangan lainnya dapat direduksi. Untuk menghitung *transmission loss* pada material yang homogen, didapatkan dengan persamaan sederhana seperti berikut ini (Ballagh,2004).

$$R = 20 \log(mf) - 47 \quad (2.11)$$

Dimana:

m : massa per unit area material (kg/m²)

f : frekuensi (Hz)

Persamaan untuk menghitung *sound reduction index* pada elemen monolitik dapat ditemukan pada EN 12354-1 Annex B, sebagai berikut (Ellefesen & Olafesen, 2010) :

$$R = 10 \log \tau \quad (2.12)$$

$$f \geq f_c : \tau = \left(\frac{2\rho_0 c_0}{2\pi f m} \right)^2 \frac{\pi f_c \sigma^2}{2f \eta_{tot}} \quad (2.13)$$

$$f < f_c : \tau = \left(\frac{2\rho_0 c_0}{2\pi f m} \right)^2 2\sigma_f + \frac{(l_1 + l_2)^2}{l_1^2 + l_2^2} \sqrt{\frac{f_c}{f}} \frac{\sigma^2}{\eta_{tot}} \quad (2.14)$$

Dimana:

l_1 dan l_2 : panjang dari pinggiran elemen (m)
 σ dan σ_f : faktor radiasi untuk gelombang lentur bebas dan transmisi kekuatan

Sedangkan persamaan transmission loss untuk dinding partisi yang terdiri dari dua material homogen (*double panels*) yang dipisahkan oleh rongga udara (*cavity*) yaitu sebagai berikut (Ellefesen & Olafesen, 2010).

$$R = \begin{cases} R_{M1+M2} & f < f_0 \\ R_1 + R_2 + 20 \log(f \cdot d) - 29 & f_0 < f < f_d \\ R_1 + R_2 + 6 & f > f_d \end{cases} \quad (2.15)$$

$$f_0 = 60 \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{m_1 \cdot m_2 \cdot d}} \quad (2.16)$$

$$f_d = \frac{55}{d} \quad (2.17)$$

Dimana :

f : frekuensi (Hz)
 d : jarak antar panel (m)
 m_1 dan m_2 : massa per luasan dari panel (kg/m^2)
 f_0 : frekuensi resonansi dari rongga udara (Hz)
 f_d : frekuensi resonansi struktural
 R_1 dan R_2 : *transmission loss* masing-masing material
 M_1 dan M_2 : menandakan *transmission loss* harus dihitung dari total masa kedua panel.

dari persamaan diatas, R_{M1+M2} , R_1 dan R_2 dapat dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut (Elleesen & Olafesen, 2010).

$$f < f_c : R = 20 \log(mf) - 10 \log \left[\ln \left(\frac{2\pi f}{c_0} \right) \sqrt{A} \right] + 20 \log \left[1 - \left(\frac{f}{f_c} \right)^2 \right] - 42 \quad (2.18)$$

$$f > f_c : R = 20 \log(mf) + 10 \log \left[2\eta_{tot} \frac{f}{f_c} \right] - 47 \quad (2.19)$$

$$f_c = \frac{\sqrt{3c_0^2}}{\pi h} \sqrt{\frac{\rho}{Y}} \quad (2.20)$$

Dimana :

- C_0 : cepat rambat suara di udara (340 m/s)
- f_c : frekuensi kritis (Hz)
- A : luasan dinding (m^2)
- η_{tot} : total *loss factor* (N/m^2)
- ρ : massa jenis panel (kg/m^3)
- Y : modulus young dari panel (N/m^2)
- h : ketebalan panel (m)

Jika ditinjau dari karakteristik material pada suatu bangunan, material tersebut memiliki beberapa karakteristik mulai dari yang bersifat padat sampai yang bersifat lemah. Selain itu juga memiliki ciri-ciri perpori atau pejal (padat). Semakin berat bahan bangunan makin tinggi peredaman bunyi udara. Material yang berfungsi sebagai insulator harus mengikuti persyaratan sebagai berikut (Mediastika, 2005) :

- Berat
Objek yang terbuat dari material yang berat akan menjadi insulator yang lebih baik jika dibandingkan dengan material yang ringan. Hal ini disebabkan material yang berat mampu meredam getaran yang menimpanya.
- Keutuhan

Material dengan keutuhan tanpa cacat akan memberikan tingkat insulasi suara yang lebih baik. Keutuhan suatu material bergantung pada kerapatan bahan dan keseragaman (homogenitas) dari material penyusunnya.

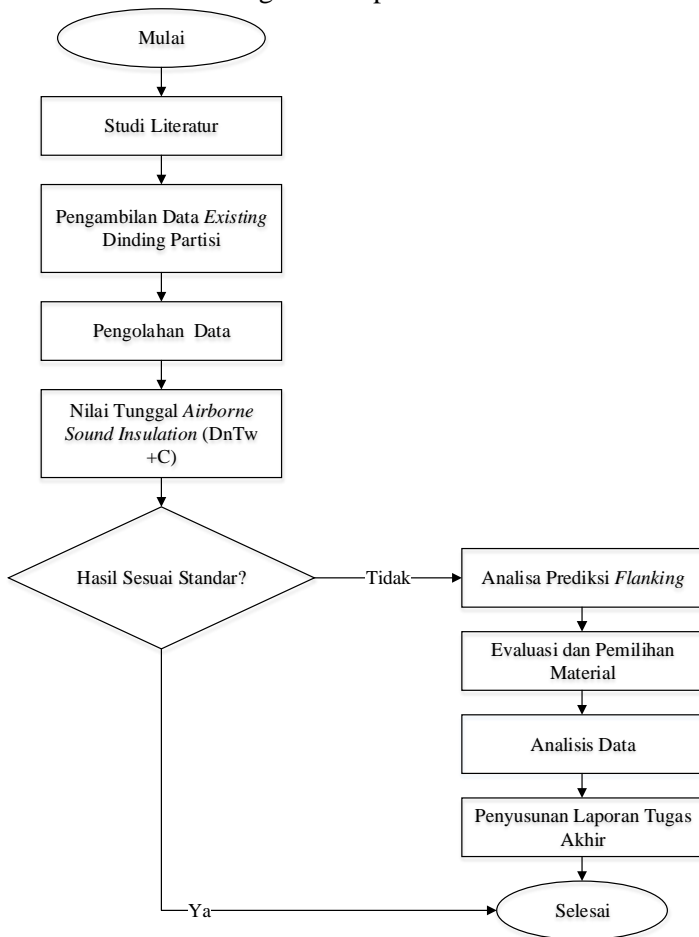
- Elastisitas
Material yang memiliki elastisitas tinggi akan menjadi insulator yang lebih baik dibanding dengan material yang kaku. Elastisitas dari suatu material berperan dalam mengurangi timbulnya resonansi pada suatu material.
- Prinsip Isolasi
Prinsip ini diperoleh dengan cara menggunakan diskontinuitas struktur dan elemen ganda, seperti pemakaian dinding dan lantai ganda, serta plafon gantung.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bahasan ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah dalam melakukan evaluasi insulasi suara pada dinding partisi ruang kelas UPT Bahasa ITS Surabaya berdasarkan nilai *transmission loss*. Berikut ini adalah diagram alir penelitian:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir

Penelitian ini dimulai dengan studi literatur mengenai materi yang terkait dengan tugas akhir yaitu akustik ruang, insulasi bunyi, *transmission loss*, *reverberation time*, dan material insulasi. Selanjutnya adalah menentukan kondisi *existing* dinding partisi pada ruang kelas UPT Bahasa yang terdiri atas *plywood* 12mm pada masing-masing sisi dan lebar celah udara sebesar 66 mm dengan nilai $D_{nTw} + C$ sebesar 19,6 dB. Prosedur untuk mendapatkan nilai insulasi suara tersebut mengacu pada standar eropa. Hasil yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan ketentuan atau syarat yang telah ditentukan pada standar eropa yaitu sebesar $D_{nTw} + C > 51$ dB. Karena nilai insulasi dinding *existing* tidak memenuhi syarat yang telah ditetapkan, maka akan dilakukan pemilihan material dinding partisi yang memenuhi standar. Dari hasil rancangan, nilai insulasi yang diperoleh akan dibandingkan dengan standar. Sedangkan untuk memprediksi *flanking path* pada ruang kelas, dilihat dari besarnya *noise reduction* pada titik-titik pengamatan di kedua ruang kelas. Setelah itu dilakukan analisa data dan penyusunan laporan tugas akhir.

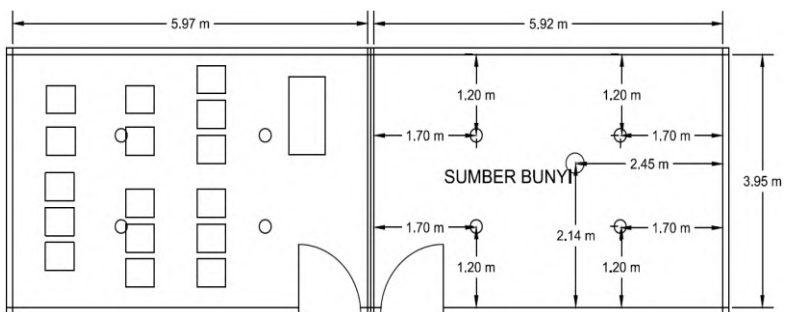
3.1 Objek Pengukuran

Sebelum melakukan pengukuran, terlebih dahulu dilakukan peninjauan terhadap objek pengukuran. Objek pengukuran pada penelitian ini adalah dinding partisi yang memisahkan ruang kelas di UPT Bahasa ITS lantai dua. Secara keseluruhan, dinding partisi tersebut memiliki ketebalan 9 cm dengan rincian ketebalan *plywood* 12mm di kedua sisinya dan rongga udara sebesar 66 mm.

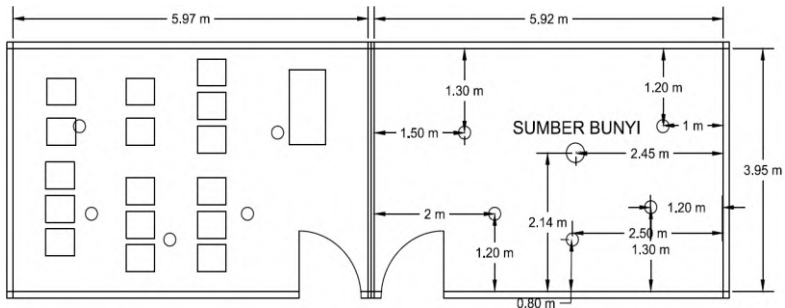
Pengukuran dilakukan sebanyak dua kali dengan posisi titik pengukuran yang dikondisikan berbeda pada kedua ruang kelas (ruang 4 dan ruang 5). Ruang 5 dikondisikan sebagai ruang penerima dan ruang 4 sebagai ruang sumber yang dikondisikan tanpa perabotan kelas, agar tidak mengurangi intensitas suara yang akan dibangkitkan oleh *speaker*. *Dodecahedron* sebagai sumber suara *omnidirectional* diletakkan di tengah ruangan agar diperoleh sebaran ke segala arah (*diffuse*). Berikut ini adalah denah kedua ruang kelas, geometri, dan titik pengukuran yang ditinjau dalam penelitian ini.



Gambar 3.2 Kondisi *Existing* Ruang Kelas UPT Bahasa Lantai 2



Gambar 3.3 Titik Pengukuran Posisi 1



Gambar 3.4 Titik Pengukuran Posisi 2

Geometri ruang penerima :

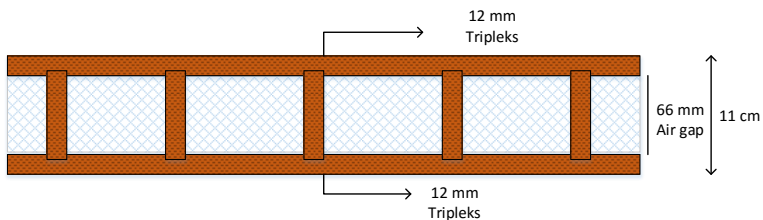
Panjang : 5.97 m
 Lebar : 3.97 m
 Tinggi : 3 m
 Volume : 71.10 m

Ukuran awal (*existing*) dinding partisi yang memisahkan ruang 4 dan ruang 5 di UPT Bahasa ITS adalah sebagai berikut :

Ukuran dinding partisi :

Panjang : 3.97 m
 Lebar : 3 m
 Tebal : 0,01 m

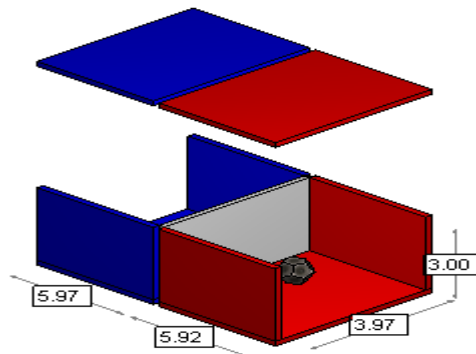
Material dinding pemisah yaitu *plywood* dengan ketebalan 12 mm pada masing-masing sisi dengan lebar rongga antar panel sebesar 66 mm.



Gambar 3.5 Sketsa Dinding Partisi Kondisi *Existing*

3.2 Pengambilan Data *Sound Pressure Level*

Prosedur pengambilan data untuk mendapatkan nilai insulasi bunyi pada dinding partisi membutuhkan data SPL pada ruang sumber maupun ruang penerima. Pengambilan data dilakukan pada kedua ruang kelas dan diambil pada 4 titik untuk pengambilan data pertama dan 5 titik secara acak untuk pengambilan data kedua. Sumber suara (*dodecahedron*) dibangkitkan dengan volume yang cukup keras (107 dB) dan diletakkan di tengah ruang sumber agar suara menyebar (*diffuse*). SPL di ruang sumber kemudian diukur dengan *microphone* BSWA yang dihubungkan dengan *soundcard* BSWA dimana ketinggian *microphone* 1,2 m dari lantai yang memiliki ketinggian yang sama dengan sumber suara. Pengukuran dilakukan sebanyak dua kali untuk masing-masing titik acak yang telah ditentukan pada pengambilan data pertama dan kedua. Ruangan di sisi lain dinding partisi adalah ruang penerima dan tingkat suara yang datang dari ruang sumber ke ruang penerima juga diukur dengan menggunakan *microphone* BSWA pada titik dengan posisi yang identik baik pada ruang sumber maupun ruang penerima.



Gambar 3.6 Posisi Sumber Suara dalam Ruang Kelas

Pengambilan data dilakukan pada malam hari yaitu pada pukul 19.30 sampai pukul 22.00. Setelah melakukan pengambilan data, data dari *microphone* BSWA yang berupa dBFS (*decible full scale*) akan dibaca oleh *software real time analyzer* dan data dari

software tersebut kemudian diolah dengan menggunakan *software Microsoft excel*.

Pengukuran dan perhitungan juga dilakukan untuk menilai sifat penyerapan ruang penerima. Perhitungan akhir dari perbedaan antara sumber dan ruang penerima memberikan indikasi kinerja insulasi bunyi dari dinding pemisah. Semakin besar nilai insulasi bunyi yang diperoleh semakin baik insulasi suara yang dihasilkan oleh dinding partisi.

3.3 Pengambilan Data RT30

Pengambilan data dilakukan pada ruang penerima (ruang 4) dengan satu titik pengukuran. Sumber bunyi yang digunakan merupakan sumber bunyi impuls dari sumber suara *dodecahedron*. Pengambilan data ini menggunakan *microphone* BSWA beserta *soundcard* BSWA yang diarahkan ke sumber bunyi dengan ketinggian yang sama dengan sumber bunyi, yaitu 1,2 m dari lantai. Sumber bunyi diposisikan 1,5 m dari dinding partisi dan *microphone* BSWA diletakkan sejauh 3 m dari sumber. Pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali dengan durasi waktu selama 10 detik.

Pengambilan data dilakukan pada malam hari yaitu pada pukul 21.00 dimana semua kegiatan pada bangunan UPT Bahasa ITS sudah berakhir. Hal tersebut dilakukan agar *background noise* yang ditimbulkan oleh lingkungan sangat kecil, sehingga tidak memberikan dampak yang signifikan pada saat dilakukan pengukuran. Data yang didapatkan dari *microphone* BSWA sudah berupa data RT30 pada rentang frekuensi 1/3 oktaf dari 125Hz - 4000Hz. Dari ketiga data tersebut, dicari rata-rata RT30 pada setiap frekuensi.

3.4 Pengolahan Data Nilai Tunggal Insulasi Bunyi

Data yang diperoleh dari *microphone* BSWA berupa dBFS (*decibel full scale*) akan diolah oleh *software real time analyzer* dan dari data tersebut akan disimpan ke dalam bentuk *Microsoft excel*. Data yang diperoleh akan dirata-rata terlebih dahulu sehingga mendapatkan nilai L_R (SPL pada ruang penerima) dan L_S

(SPL pada ruang sumber) .Jika nilai L_R dan L_S telah didapatkan maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai D_{nT} menggunakan persamaan (2.6). Perhitungan dilakukan pada pita 1/3 oktaf dengan rentang frekuensi antara 100 Hz dan 3150 Hz. Parameter yang akan dihitung adalah nilai tunggal, yaitu insulasi suara di udara ($D_{nTw} + C$). D_{nTw} adalah perbedaan tingkat standar tertimbang yang dihitung dari perbedaan tingkat standar (D_{nT}) diukur untuk setiap pita 1/3 oktaf.

Untuk mendapatkan nilai tunggal $D_{nTw} + C$, maka nilai D_{nT} dibandingkan dengan kurva referensi. Nilai D_{nT} pada frekuensi 500 Hz digunakan sebagai acuan dalam melakukan *shifting* (pergeseran) nilai kurva referensi. Jika perbedaan nilai D_{nT} dengan nilai referensi pada frekuensi tersebut lebih dari satu, maka nilai referensi tersebut harus digeser hingga perbedaanya tidak lebih dari satu. Hasil pergeseran nilai referensi pada frekuensi 500 Hz merupakan nilai D_{nTw} . Sedangkan nilai C diperoleh berdasarkan persamaan (2.7)

3.5 Simulasi Perancangan Dinding Partisi

Sebelum melakukan simulasi yang berupa perancangan dinding partisi, harus diketahui terlebih dahulu jenis material dan nilai insulasi dinding *existing* yang telah diuji ($D_{nTw} + C$). Simulasi perancangan dinding partisi menggunakan bantuan Software AFMG Sound Flow. AFMG Sound Flow merupakan software simulasi untuk pemodelan dinding, lantai, langit-langit pada suatu ruangan dengan menentukan material dan parameter ketebalan dari suatu bahan. Software ini dapat menghitung penyerapan, refleksi dan transmisi suara dengan struktur *multi-layer*. Perhitungan dari berbagai model komputasi sesuai dengan standar ISO 12354 – *Estimation of Acoustic Performance of Buildings from the Performance of Elements*. Semua hasil dapat diekspor sebagai tabel, grafik, dan laporan lengkap dan sebagai *file* materi EASE.

Tahapan awal dalam simulasi ini adalah menentukan material yang akan digunakan untuk menjadi material pengganti dari dinding partisi yang akan diterapkan pada ruang kelas. Pada simulasi ini digunakan jenis material pengganti yaitu *gypsum*

board, *plaster board*, PVC, dan *cement board*. Pada simulasi ketebalan dinding partisi dikondisikan berkisar 7,5-13,5 mm. Perancangan dinding partisi yang diterapkan berupa panel ganda dengan ketebalan yang divariasikan dan diisi dengan bahan *absorber*. Selanjutnya dipilih *absorber* sebagai pengisi antara kedua panel yaitu *rockwool* dengan ketebalan 50-100 mm. Hasil yang akan diamati dan diolah dalam bentuk nilai tunggal adalah nilai *transmission loss* dari material yang telah dirancang. Selain itu dari hasil simulasi juga didapatkan data koefisien absorpsi dan koefisien refleksi dari material gabungan.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai hasil data yang telah diperoleh dari hasil pengukuran di lapangan (*on-site*) dan dari data tersebut kemudian diolah berdasarkan langkah-langkah yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

4.1 Analisa Data

Hasil data yang diperoleh berupa data RT30 dan *sound pressure level* (SPL) untuk mengetahui kondisi *existing* dinding partisi pada pengukuran di lapangan (*on-site*). Berdasarkan data tersebut akan diperoleh besar *transmission loss* pada ruang kelas. Nilai *transmission loss* akan diolah menjadi suatu nilai tunggal yang menunjukkan kinerja insulasi dinding partisi yang ada di ruang kelas UPT Bahasa ITS ($D_{nTw}+C$). Nilai tunggal tersebut dapat menunjukkan kelayakan dari kinerja dinding partisi yang akan dibandingkan dengan nilai standar. Apabila nilai yang diperoleh tidak sesuai dengan standar yang telah ditetapkan, maka tindakan selanjutnya adalah melakukan perancangan dinding partisi. Perancangan dilakukan dengan mempertimbangkan spesifikasi material, jenis material, dan nilai tunggal yang menunjukkan kinerja dari rancangan dinding partisi tersebut. Selain itu juga akan diprediksi adanya *flanking path* pada sisi kedua dinding di ruang kelas tersebut.

4.1.1 Data Pengukuran RT30

Pengambilan data RT30 dilakukan pada malam hari yaitu pada pukul 21.00 dimana semua aktivitas di Gedung UPT Bahasa ITS telah berakhir. Hal tersebut dilakukan agar *background noise* yang ditimbulkan oleh lingkungan sangat kecil, sehingga tidak memberikan dampak yang signifikan pada saat dilakukan pengukuran. *Background noise* yang diperoleh pada saat pengukuran bernilai sekitar 35 dB. Pengambilan data ini menggunakan *Microphone* BSWA yang dilakukan sebanyak 2

kali dengan durasi waktu selama 10 detik. Data pengukuran RT30 di ruang penerima ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. RT30 pada Ruang 5

Frekuensi (Hz)	Pengukuran RT 30			Rata-Rata (Sekon)
	P 1	P 2	P 3	
100	0.9	0.8	0.9	0.9
125	0.8	0.8	0.8	0.8
160	0.7	0.8	0.8	0.8
200	0.6	0.5	0.6	0.6
250	0.7	0.7	0.7	0.7
315	0.7	0.7	0.7	0.7
400	0.7	0.7	0.7	0.7
500	0.7	0.7	0.7	0.7
630	0.7	0.7	0.8	0.7
800	0.8	0.7	0.8	0.8
1000	0.8	0.8	0.8	0.8
1250	0.8	0.8	0.8	0.8
1600	0.8	0.8	0.8	0.8
2000	0.8	0.8	0.8	0.8
2500	0.8	0.8	0.8	0.8
3150	0.8	0.8	0.8	0.8

Dari ketiga data pengambilan RT30 di atas, dicari rata-rata RT30 pada setiap frekuensi. Rata-rata RT30 yang kemudian akan diolah untuk mendapatkan nilai tunggal insulasi dinding partisi sesuai dengan persamaan (2.6). Pada penelitian ini nilai RT 30 dapat digunakan untuk mendapatkan nilai insulasi (DnT) karena persamaan tersebut merupakan perbandingan logaritmik. Selain itu penggunaan nilai peluruhan pada RT 30 dapat diekstrapolasi ke RT 60 dengan asumsi bahwa bagian dari peluruhan yang diambil merupakan perwakilan untuk seluruh peluruhan. Semuanya memiliki nilai numerik yang sama jika peluruhannya adalah linear.

4.1.2 Data Pengukuran *Sound Pressure Level (SPL)*

Pengambilan data dilakukan ketika semua kegiatan di Gedung UPT Bahasa ITS telah berakhir yaitu pada pukul 19.30 sampai dengan pukul 22.30 sehingga tidak ada *noise* yang dapat mengganggu pada saat pengukuran berlangsung. Untuk pengambilan data SPL dilakukan pada dua posisi seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya dengan pengukuran sebanyak dua kali untuk masing-masing titik pada tiap posisi. Data pengukuran dinding partisi ruang kelas UPT Bahasa pada posisi 1 ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Pengukuran SPL Dinding Partisi (*Existing*)Posisi 1

Frequency (Hz) 1/3-Octave Band	L_S (dB)	L_R (dB)
100	42.1	34.9
125	49.2	40.4
160	54.6	45.6
200	59.4	45
250	61.8	47.05
315	64.1	47.3
400	62.8	45.6
500	62.5	43.9
630	61.2	43.4
800	60.6	42.8
1000	60.95	41.2
1250	62.7	38.9
1600	62.7	38.7
2000	61.2	38.5
2500	61.1	38.3
3150	61.9	38

Berdasarkan data pengukuran diatas kemudian akan dihitung nilai D_{nT} berdasarkan persamaan (2.6). Nilai D_{nT} tersebut akan dibandingkan dengan nilai referensi yang telah ditentukan

nilainya dengan melakukan *shifting* sehingga didapatkan nilai tunggal $D_{nTw}+C$ yang ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Perhitungan D_{nT} dan $D_{nTw}+C$ Posisi 1

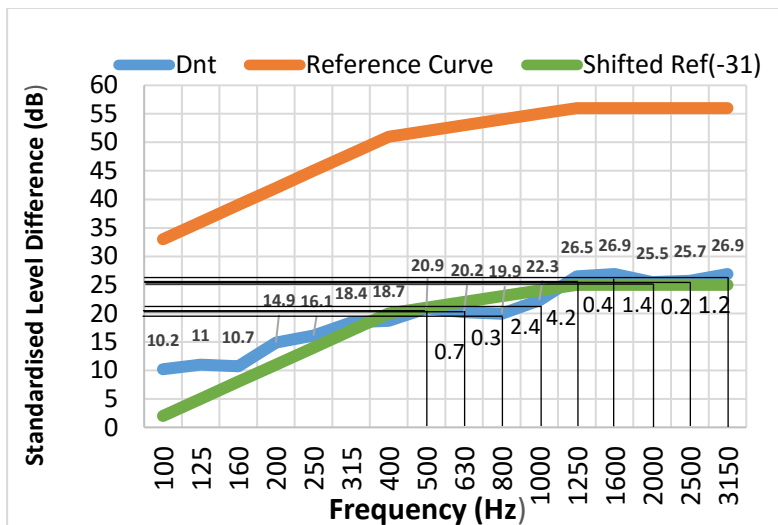
1/3 Octave-Band Frequency (Hz)	Dnt	Reff Curve	Diff (dB)	Adjust Contour	Shifted Reff (-31)
100	10.2	33	22.8	-19	2
125	11	36	25	-16	5
160	10.7	39	28.3	-13	8
200	14.9	42	27.1	-10	11
250	16.1	45	28.9	-7	14
315	18.4	48	29.6	-4	17
400	18.7	51	32.3	-1	20
500	20.9	52	31.1	0	21
630	20.2	53	32.8	1	22
800	19.9	54	34.1	2	23
1000	22.3	55	30.3	3	24
1250	26.5	56	29.5	4	25
1600	26.9	56	29.1	4	25
2000	25.5	56	30.5	4	25
2500	25.7	56	30.3	4	25
3150	26.9	56	29.1	4	25

Tabel 4.4 Perhitungan Nilai Spektrum C Posisi 1

Revised Diff	C Spectrum	Diff (dB)	C Calculation
-8.2	-29	-39.2	0.00012
-6	-26	-37	0.0002
-2.7	-23	-33.7	0.000427
-3.9	-21	-35.9	0.000257
-2.1	-19	-35.1	0.000309
-1.4	-17	-35.4	0.000288
1.3	-15	-33.7	0.000427

Tabel 4.4 Lanjutan

Revised Diff	C Spectrum	Diff (dB)	C Calculation
0.1	-13	-33.9	0.000407
1.8	-12	-32.2	0.000603
3.1	-11	-30.9	0.000813
-0.7	-10	-34.7	0.000339
-1.5	-9	-35.5	0.000282
-1.9	-9	-35.9	0.000257
-0.5	-9	-34.5	0.000355
-0.7	-9	-34.7	0.000339
-1.9	-9	-35.9	0.000257
		TOTAL	0.005679
		C	-1.4
		D_{nTw}	21
		D_{nTw}+C	19.6

Gambar 4.1 Perbandingan Kurva D_{nT} terhadap Kurva Referensi Posisi 1

Berdasarkan grafik diatas, dapat dilihat perbedaan desibel dalam rentang frekuensi percakapan manusia, yaitu pada frekuensi 500-3150 Hz memiliki perbedaan nilai *transmission loss* yang cukup kecil yaitu berkisar antara 0,2 – 4,2 dB. Dari data tersebut dapat memungkinkan adanya transmisi suara menuju ruang kelas yang ada disebelahnya. Jika ditinjau dari titik pengamatan posisi 2 data pengukuran dinding partisi ruang kelas UPT Bahasa pada posisi 2 ditunjukkan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Data Pengukuran SPL Dinding Partisi(*Existing*) Posisi 2

Frequency (Hz) ½ Octave-Band	L_S (dB)	L_R (dB)
100	40.6	35.6
125	49.2	38.1
160	53.3	42.7
200	58.4	43.8
250	60.7	45.3
315	62.6	45.8
400	62.3	43.9
500	61.99	42.8
630	60.5	41.8
800	59.5	41.5
1000	59.8	40.1
1250	61.6	40
1600	61.7	37.7
2000	60.2	36.6
2500	60.3	36.7
3150	60.6	36.4

Nilai D_{nT} yang diperoleh pada pengambilan data posisi 2 dengan titik pengamatan yang berbeda dari posisi 1 akan dibandingkan terhadap nilai referensi dengan melakukan pergerseran (*shifting*) sehingga didapatkan nilai tunggal D_{nTw+C} yang ditunjukkan pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Perhitungan D_{nT} dan $D_{nTw}+C$ Posisi 2

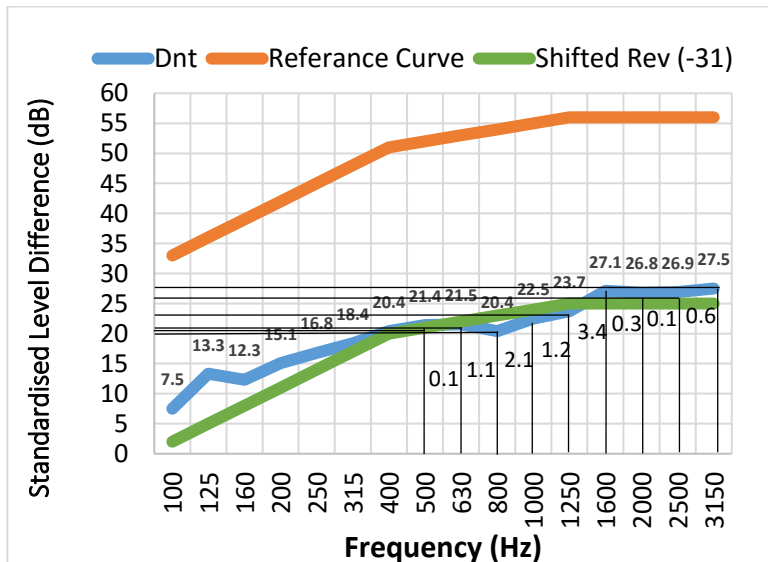
1/3 Octave-Band Frequency (Hz)	Dnt	Reff Curve	Diff (dB)	Adjust Contour	Shifted Reff (-31)
100	7.5	33	25.5	-19	2
125	13.3	36	22.7	-16	5
160	12.3	39	26.7	-13	8
200	15.1	42	26.9	-10	11
250	16.8	45	28.2	-7	14
315	18.4	48	29.6	-4	17
400	20.4	51	30.6	-1	20
500	21.4	52	30.6	0	21
630	21.5	53	31.5	1	22
800	20.4	54	33.6	2	23
1000	22.5	55	32.5	3	24
1250	23.7	56	32.3	4	25
1600	27.1	56	28.9	4	25
2000	26.8	56	29.2	4	25
2500	26.9	56	29.1	4	25
3150	27.5	56	28.5	4	25

Tabel 4.7 Perhitungan Nilai Spektrum C Posisi 2

Revised Diff	C Spectrum	Diff	C Calculation
-5.5	-29	-36.5	0.00022387
-8.3	-26	-39.3	0.00011749
-4.3	-23	-35.3	0.00029512
-4.1	-21	-36.1	0.00024547
-2.8	-19	-35.8	0.00026303
-1.4	-17	-35.4	0.0002884
-0.4	-15	-35.4	0.0002884

Tabel 4.7 Lanjutan

Revised Diff	C Spectrum	Diff	C Calculation
0.1	-13	-34.7	0.00040738
0.5	-12	-33.5	0.00044668
2.6	-11	-31.4	0.00072444
4	-10	-30	0.001
1.3	-9	-32.7	0.00053703
-2.1	-9	-36.1	0.00024547
-1.8	-9	-35.8	0.00026303
-1.9	-9	-35.9	0.000257
-2.5	-9	-36.5	0.000224
TOTAL			0.005827
C			-1.4
D _{nTw}			21
D _{nTw} +C			19.6

Gambar 4.2 Perbandingan Kurva D_{nT} terhadap Kurva Referensi Posisi 2

Dari grafik diatas, untuk posisi 2 perbedaan desibel dalam rentang frekuensi percakapan manusia, yang berkisar antara 500-3150 Hz juga memiliki perbedaan nilai *transmission loss* yang cukup kecil yaitu 0,1- 3,4 dB. Untuk mendapatkan nilai *transmission loss*, dilakukan juga perhitungan dengan menggunakan rumus *transmission loss* untuk dinding partisi yang terdiri dari dua material homogen (*double panels*) yang dipisahkan oleh rongga (Ellefsen & Olafsen, 2010) dengan spesifikasi sebagai berikut :

- *Plywood* 12 mm
 - Massa jenis : 800Kg/m³
 - Massa per luasan : 10,58kg/m²
 - Total *loss factor* : 0,02
 - Modulus Young : 12Gpa

Tabel 4.8 Nilai *Transmission Loss* Material Homogen

1/3 Octave-Band Frequency (Hz)	Transmission Loss
100	-2.3
125	0.8
160	4.9
200	8.9
250	13.2
315	17.6
400	22.1
500	25.1
630	29.6
800	31.9
1000	31.1
1250	18.7
1600	39.9
2000	47.7
2500	55.5
3150	63.5

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan rumus *transmission loss* panel ganda untuk material homogen, diperoleh hasil yang masih berada jauh dibawah standar yang telah ditetapkan, yaitu sebesar 25 dB. Selain itu juga dilakukan simulasi untuk kondisi dinding partisi *existing* untuk membandingkan nilai insulasi yang diperoleh pada pengukuran di lapangan (*on-site*) dengan hasil yang diperoleh melalui simulasi dengan merujuk pada perhitungan EN ISO 12354.

Tabel 4.9 Spesifikasi Material *Plywood*

Specification	Value
Thickness [mm]	12
Material Type	Plate
Density	800
Young's Modulus [Gpa]	12
Poisson's Ratio	0.05
Bending Loss Factor	0.02

Tabel 4.10 Perhitungan D_{nT} dan $D_{nTw}+C$ Simulasi

1/3 Octave-Band Frequency (Hz)	Dnt	Reff Curve	Diff (dB)	Adjust Contour	Shifted Reff (-31)
100	11.55	33	21.45	-19	2
125	8.29	36	27.71	-16	5
160	10.22	39	28.78	-13	8
200	12.38	42	29.62	-10	11
250	14.6	45	30.4	-7	14
315	16.84	48	31.16	-4	17
400	19.05	51	31.95	-1	20
500	20.93	52	31.07	0	21
630	23.02	53	29.98	1	22
800	24.68	54	29.32	2	23
1000	27.04	55	27.96	3	24
1250	22.22	56	33.78	4	25

Tabel 4.10 Lanjutan

1/3 Octave-Band Frequency (Hz)	D _{nT}	Reff Curve	Diff (dB)	Adjust Contour	Shifted Reff (-31)
1600	21.95	56	34.05	4	25
2000	36.21	56	19.79	4	25
2500	42.58	56	13.42	4	25
3150	38.47	56	17.53	4	25
				D _{nT}	21
				C	-1
				D _{nT} +C	20

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengukuran di lapangan maupun data dari simulasi, dapat dilihat bahwa kinerja dinding partisi yang diwakili dengan nilai D_{nT} masih sangat jauh di bawah kurva referensi, sehingga kurva referensi harus digeser kebawah sebanyak 31 dB agar perbedaan nilai antara D_{nT} dan referensi pada frekuensi 500 Hz menjadi kurang dari 1. Hasil akhir dari perhitungan di lapangan dan simulasi diperoleh nilai $D_{nT}+C$ 19.6 dB dan $D_{nT}+C$ 20 dB. Ini berarti dinding partisi ruang kelas masih belum memenuhi standar karena kurang dari 51 dB. Perbandingan nilai *transmission loss* hasil pengukuran, menggunakan rumus *double panel* partisi, dan hasil simulasi ditunjukkan pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 Perbandingan Nilai *Transmission Loss*

1/3 Octave-Band Frequency (Hz)	TL Existing	TL Perhitungan	TL Simulasi ISO 12354
100	10.2	-2.3	11.6
125	11	0.8	8.3
160	10.7	4.9	10.2
200	14.9	8.9	12.4
250	16.1	13.2	14.6
315	18.4	17.6	16.8

Tabel 4.11 Lanjutan

1/3 Octave-Band Frequency (Hz)	TL Existing	TL Perhitungan	TL Simulasi ISO 12354
400	18.7	22.1	19.1
500	20.9	25.1	20.9
630	20.2	29.6	23
800	19.9	31.9	24.7
1000	22.3	31.1	27.0
1250	26.5	18.7	22.2
1600	26.9	39.9	21.9
2000	25.5	47.7	36.2
2500	25.7	55.5	42.6
3150	26.9	63.5	38.5

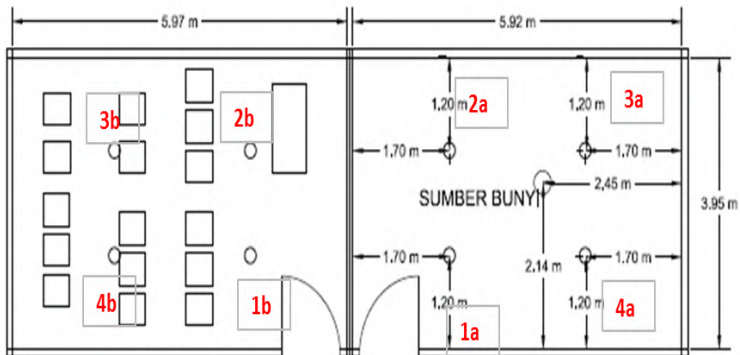
Berdasarkan nilai *transmission loss* diatas, terdapat perbedaan antara *transmission loss* pengukuran di lapangan, perhitungan, dan simulasi. Hal ini terjadi karena pada perhitungan dan simulasi mempertimbangkan parameter massa, tebal panel, modulus young, luas area dan nilai *total loss factor* dari material partisi saja. Sedangkan pada pengukuran menurut standar, diperhitungkan faktor lingkungan dari ruangan yang diuji dan juga terdapat material-material lain disekitar yang juga akan mempengaruhi hasil pengukuran di lapangan. Untuk mengamati adanya transmisi yang masuk selain transmisi suara melalui dinding partisi (*flanking*), dapat ditinjau dari *noise reduction* antara titik yang diamati pada kedua ruang. Nilai *noise reduction* yang didapat pada keempat titik pengamatan di ruang 4 dan ruang 5 kelas UPT Bahasa ditunjukkan pada tabel 4.12.

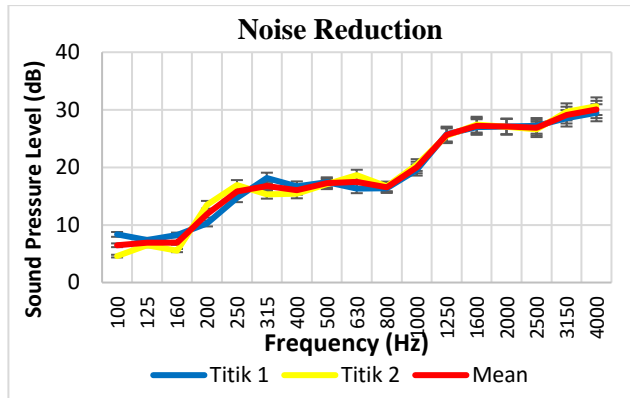
Tabel 4.12 *Noise Reduction* pada Titik Pengamatan

Frequency (Hz)	Posisi Titik Pengamatan			
	1a 1b	2a 2b	3a 3b	4a 4b
All(A)	23.27	23.19	24.66	23.51
100	8.36	4.59	7.84	8.68

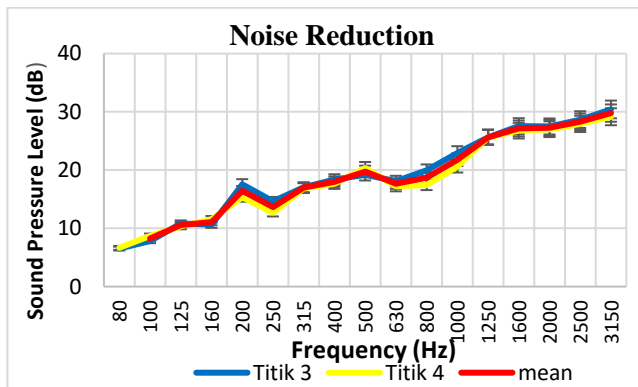
Tabel 4.12 Lanjutan

Frequency (Hz)	Posisi Titik Pengamatan			
	1a 1b	2a 2b	3a 3b	4a 4b
125	7.38	6.46	10.82	10.36
160	8.26	5.56	10.61	11.54
200	10.26	13.50	17.57	15.34
250	14.69	16.95	14.66	12.68
315	18.17	15.34	17.05	16.91
400	16.73	15.40	18.37	17.66
500	17.4	17.08	19.18	20.37
630	16.34	18.66	18.12	17.22
800	16.38	16.69	19.98	17.44
1000	19.56	20.41	22.96	20.62
1250	25.79	25.49	25.65	25.64
1600	27.00	27.42	27.53	26.77
2000	27.11	27.07	27.49	27.03
2500	27.21	26.59	28.67	27.93
3150	28.53	29.64	30.42	29.16

**Gambar 4.3** Titik Pengamatan Jalur *Flanking*



Gambar 4.4 *Noise Reduction* pada Titik 1 dan Titik 2



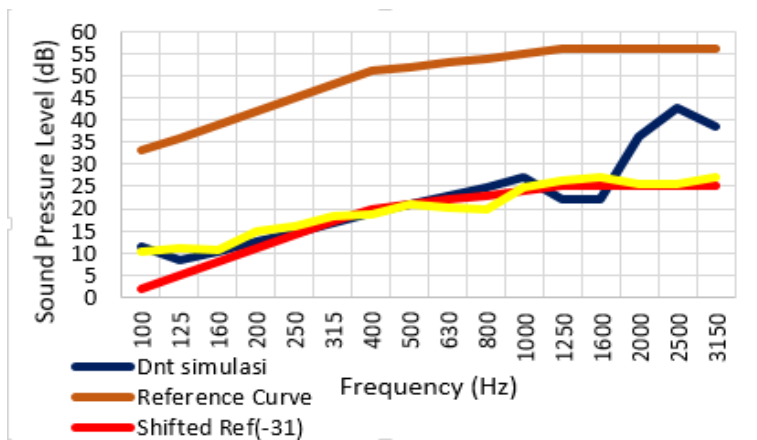
Gambar 4.5 *Noise Reduction* pada Titik 3 dan Titik 4

Berdasarkan grafik diatas, dapat dilihat bahwa *noise reduction* antara titik satu dan titik dua tidak terjadi perubahan yang signifikan. Begitu juga *noise reduction* yang terjadi pada titik tiga dan titik empat. Hal juga dapat dilihat dari persentasi eror antar tiap titik yang dibandingkan.

4.1.3 Perancangan Simulasi Dinding Partisi Ruang Kelas UPT Bahasa

Sebelum melakukan simulasi perancangan, dilakukan juga simulasi terhadap kondisi dinding *existing* di ruang UPT Bahasa

ITS. Simulasi dinding partisi yang dilakukan dengan material *plywood* 12,5 mm untuk kedua sisi dan celah udara sebesar 66 mm. Nilai insulasi ($D_{nT} + C$) yang diperoleh pada simulasi adalah sebesar 20 dB sedangkan pada pengukuran di lapangan (*on-site*) diperoleh nilai insulasi sebesar ($D_{nT} + C$) 19.6 dB. Nilai yang diperoleh ini masih dalam range batas pengukuran antara pengukuran di lapangan (*on-site*) dan pengukuran di laboratorium. Hasil pengukuran langsung (*on-site*) diijinkan untuk bernilai 5 dB lebih rendah dari nilai R_w (Knauf Plasterboard Pty Ltd, 2012) . Pada gambar 4.6 ditunjukkan perbandingan kurva D_{nT} simulasi dan kurva pada D_{nT} yang diperoleh pada pengukuran *on-site*.



Gambar 4.6 Perbandingan Kurva D_{nT} Simulasi dan Kurva Pengukuran *on-site*

Pada simulasi perancangan dinding partisi yang telah dilakukan, material yang digunakan adalah, *gypsum board*, *plasterboard*, *cement board*, dan PVC. Perancangan pertama menggunakan material *gypsum board* dengan ketebalan total 12,5 cm yang terdiri dari *gypsum board* dengan ketebalan masing-masing plate 12.5 mm serta ketebalan material *absorber* 100 mm. Spesifikasi dari material *gypsum board* yang digunakan pada simulasi ditunjukkan pada tabel 4.13.

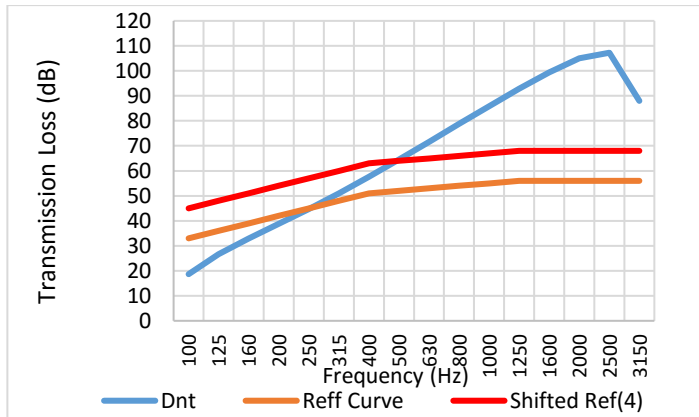
Tabel 4.13 Spesifikasi Material *Gypsum Board*

Specification	Value
Thickness (mm)	12.5
Material Type	Plate
Density [Kg/m ³]	760
Young's Modulus [Gpa]	2
Poisson's Ratio	0
Bending Loss Factor	0.03

Perhitungan nilai insulasi perancangan kedua ditunjukkan pada tabel 4.14.

Tabel 4.14 Perhitungan Nilai Insulasi *Gypsum Board*

Freq (Hz)	Dnt	Reff Curve	Diff (dB)	Adjust Contour	Shifted Ref(9)	Revised Diff
100	18.7	33	14.3	-19	45	18.3
125	26.7	36	9.3	-16	48	13.3
160	32.9	39	6	-13	51	10
200	38.8	42	3.2	-10	54	7.2
250	44.7	45	0.25	-7	57	4.2
315	51	48	-3	-4	60	1
400	57.6	51	-6.6	-1	63	-2.6
500	64.5	52	-12.5	0	64	-8.5
630	71.6	53	-18.6	1	65	-14.6
800	78.7	54	-24.7	2	66	-20.7
1000	85.9	55	-30.9	3	67	-26.9
1250	92.8	56	-36.8	4	68	-32.8
1600	99.4	56	-43.4	4	68	-39.4
2000	105	56	-49	4	68	-45
2500	107.3	56	-51.3	4	68	-47.3
3150	88	56	-32.1	4	68	-28
					DnT	64
					C	-5
					DnT+C	59



Gambar 4.7 Perbandingan Kurva DnT Terhadap Kurva Referensi Perancangan 1

Perancangan kedua menggunakan material *plasterboard* dengan ketebalan dinding partisi sebesar 12,5 cm yang terdiri dari *plasterboard* dengan ketebalan masing-masing sebesar 12,5 mm dan ketebalan material *absorber* diantara panel sebesar 100 mm. Spesifikasi dari material *plasterboard* yang digunakan dapat ditunjukkan pada tabel 4.15.

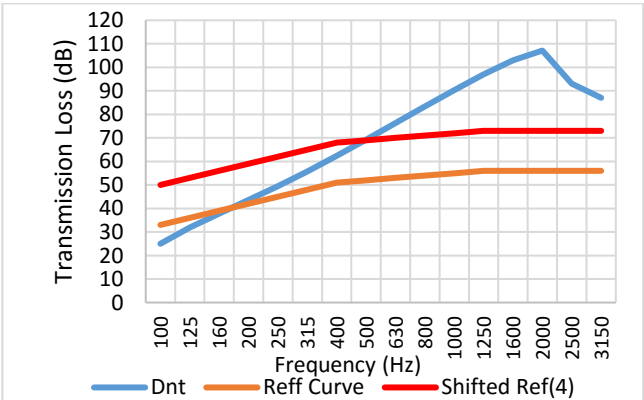
Tabel 4.15 Spesifikasi Material *Plasterboard*

Specification	Value
Thickness (mm)	12.5
Material Type	Plate
Density [Kg/m ³]	1000
Young's Modulus [Gpa]	3.2
Poisson's Ratio	0.27
Bending Loss Factor	0.03

Perhitungan nilai insulasi perancangan kedua ditunjukkan pada tabel 4.16.

Tabel 4.16 Perhitungan Nilai Insulasi *Plasterboard*

Freq (Hz)	Dnt	Reff Curve	Diff (dB)	Adjust Contour	Shifted Ref(17)	Revised Diff
100	25	33	8	-19	50	12
125	31.9	36	4.1	-16	53	8.1
160	37.8	39	1.2	-13	56	5.2
200	43.6	42	-1.6	-10	59	2.4
250	49.6	45	-4.5	-7	62	-0.5
315	55.8	48	-7.8	-4	65	-3.8
400	62.4	51	-11.4	-1	68	-7.4
500	69.2	52	-17.3	0	69	-13.2
630	76.3	53	-23.3	1	70	-19.3
800	83.3	54	-29.3	2	71	-25.3
1000	90.3	55	-35.3	3	72	-31.3
1250	97	56	-41	4	73	-37
1600	103	56	-47.1	4	73	-43
2500	93	56	-37.1	4	73	-33.1
3150	87.1	56	-31.1	4	73	-27.1
					DnT	69
					C	-4
					DnT+C	65



Gambar 4.8 Perbandingan Kurva DnT Terhadap Kurva Referensi Perancangan 2

Rancangan ketiga menggunakan material *cement board* dengan ketebalan dinding partisi sebesar 7,5 cm yang terdiri dari *cement board* dengan ketebalan masing-masing sebesar 12,5 mm dan ketebalan material *absorber* 50 mm. Spesifikasi dari material *cement board* yang digunakan ditunjukkan pada tabel 4.17.

Tabel 4.17 Spesifikasi Material *Cement Board*

Specification	Value
Thickness (mm)	12.5
Material Type	Plate
Density [Kg/m ³]	2000
Young's Modulus [Gpa]	20
Poisson's Ratio	0.23
Bending Loss Factor	0.01

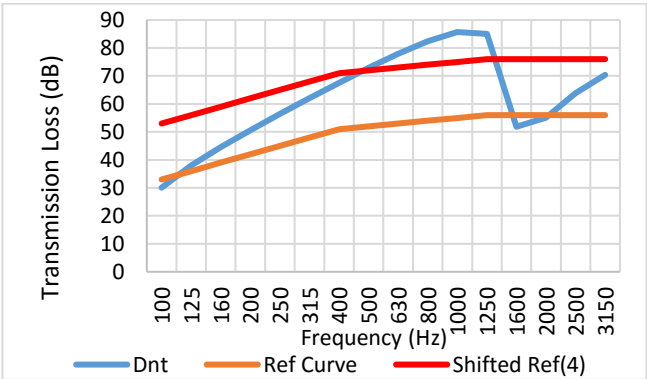
Nilai insulasi perancangan ketiga dengan material *cement board* ditunjukkan pada tabel 4.18.

Tabel 4.18 Perhitungan Nilai Insulasi *Cement Board*

Freq (Hz)	Dnt	Ref Curve	Diff (dB)	adjust Contour	Shifted Ref(20)	Revised Diff
100	30.1	33	2.9	-19	53	6.95
125	37.9	36	-1.9	-16	56	2.03
160	44.6	39	-5.6	-13	59	-1.57
200	50.6	42	-8.6	-10	62	-4.6
250	56.4	45	-11.4	-7	65	-7.4
315	62.1	48	-14.1	-4	68	-10.09
400	67.6	51	-16.6	-1	71	-12.59
500	72.9	52	-20.9	0	72	-16.91
630	77.9	53	-24.9	1	73	-20.94
800	82.4	54	-28.4	2	74	-24.42
1000	85.7	55	-30.7	3	75	-26.7
1250	85	56	-29	4	76	-25.01
1600	51.8	56	4.16	4	76	8.16
2000	55.1	56	0.88	4	76	4.88

Tabel 4.18 Lanjutan

Freq (Hz)	Dnt	Ref Curve	Diff (dB)	adjust Contour	Shifted Ref(20)	Revised Diff
2500	63.9	56	-7.91	4	76	-3.91
3150	70.4	56	-14.4	4	76	-10.42
					DnT	72
					C	-3
					DnT+C	69



Gambar 4.9 Perbandingan Kurva DnT Terhadap Kurva Referensi Perancangan 3

Perancangan terakhir menggunakan material PVC dengan ketebalan dinding partisi 7,5 cm yang terdiri dari PVC dengan ketebalan masing-masing sebesar 12,5 mm dan ketebalan material *absorber* 50 mm. Spesifikasi dari material PVC yang digunakan ditunjukkan pada tabel 4.19.

Tabel 4.19 Spesifikasi Material PVC

Specification	Value
Thickness (mm)	12.5
Material Type	Plate
Density [Kg/m3]	1400
Young's Modulus [Gpa]	2.4

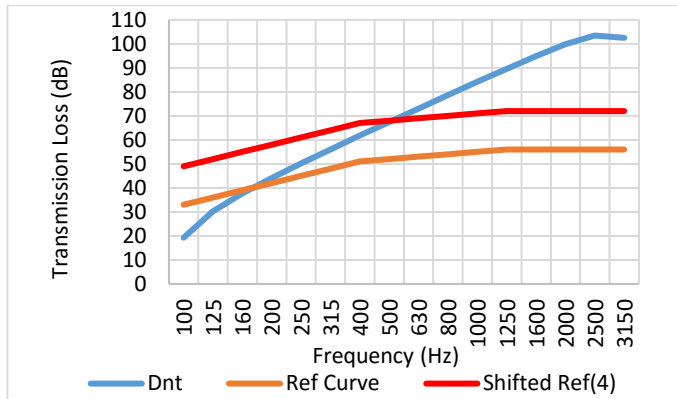
Tabel 4.19 Lanjutan

Specification	Value
Poisson's Ratio	0
Bending Loss Factor	0

Hasil simulasi nilai insulasi perancangan ketiga dengan menggunakan material PVC ditunjukkan pada tabel 4.20.

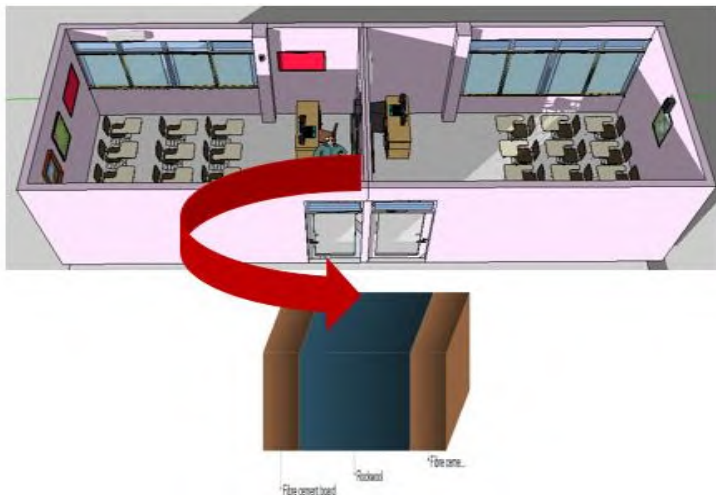
Tabel 4.20 Perhitungan Nilai Insulasi PVC

Freq (Hz)	Dnt	Ref Curve	Diff (dB)	Adjust Contour	Shifted Ref(16)	Revised Diff
100	19.3	33	13.7	-19	49	17.7
125	30.2	36	5.8	-16	52	9.8
160	37.7	39	1.3	-13	55	5.3
200	44.2	42	-2.2	-10	58	1.8
250	50.2	45	-5.2	-7	61	-1.2
315	56.1	48	-8.1	-4	64	-4.1
400	61.8	51	-10.8	-1	67	-6.8
500	67.5	52	-15.5	0	68	-11.5
630	73.1	53	-20.1	1	69	-16.1
800	78.7	54	-24.7	2	70	-20.7
1000	84.2	55	-29.2	3	71	-25.2
1250	89.7	56	-33.7	4	72	-29.6
1600	94.9	56	-38.9	4	72	-34.9
2000	99.8	56	-43.8	4	72	-39.8
2500	63.9	56	-7.91	4	76	-3.91
3150	70.4	56	-14.4	4	76	-10.42
					DnT	72
					C	-3
					DnT+C	69



Gambar 4.10 Perbandingan Kurva DnT Terhadap Kurva Referensi Perancangan 4

Dari semua jenis material yang telah disimulasikan, nilai insulasi tertinggi dimiliki oleh material *cement board* dengan nilai insulasi sebesar 69 dB. Gambar kedua ruang kelas dengan pemilihan material dinding partisi pengganti yang direkomendasikan dapat ditunjukkan pada gambar 4.11.



Gambar 4.11 Pemilihan Material Dinding Partisi Pengganti

4.2 Pembahasan

Berdasarkan data hasil pengukuran nilai insulasi suara dinding partisi *existing* pada posisi pertama, diperoleh nilai $D_{nTw}+C$ masih jauh di bawah kurva referensi, sehingga kurva referensi harus digeser (*shifting*) sebesar 31 dB agar perbedaan nilai antara D_{nT} dan referensi pada frekuensi 500 Hz menjadi kurang dari 1. Hasil akhir dari perhitungan diperoleh nilai $D_{nT}+C$ sebesar 19,6 dB pada posisi 1. Untuk hasil data pada posisi kedua, juga diperoleh hasil $D_{nT}+C$ sebesar 19,6 dB. Nilai yang diperoleh ternyata masih belum memenuhi standar, yaitu sebesar 51 dB. Hal ini terjadi karena material *plywood* pemisah ruang kelas di UPT terlalu tipis untuk digunakan sebagai dinding partisi. Selain itu, material tersebut kurang baik dalam mengisolasi suara karena dari sisi densitas material *plywood* kecil dibanding material yang lain. Sesuai dengan teori yang berlaku, semakin besar nilai insulasi ($D_{nTw}+C$), maka semakin besar pula kemampuan suatu partisi untuk meredam bunyi. Selain itu, pemisah antara panel dinding partisi *existing* hanya berupa *air gap* tanpa material *absorber* yang memiliki kinerja yang baik dalam menginsulasi suara. Oleh sebab itu, dengan kondisi dinding partisi yang kurang baik dalam menginsulasi suara, dilakukan perancangan ulang dinding partisi untuk meningkatkan insulasi akustik pada kedua ruangan tersebut.

Sesuai fungsi ruang kelas UPT Bahasa yang digunakan untuk kegiatan belajar dan komunikasi, nilai *transmission loss* pada rentang frekuensi 500-3150 Hz dimana pada frekuensi ini masuk pada rentang frekuensi percakapan manusia, nilai *transmission loss* yang diperoleh cukup rendah sehingga kemungkinan terjadinya transmisi suara menuju ruang kelas lainnya cukup besar. Dapat dilihat grafik 4.2 dan 4.3 selisih desibel dari frekuensi 500 ke frekuensi lain yang lebih tinggi tidak terlalu besar. Selain itu juga dilakukan perhitungan *transmission loss* dengan menggunakan rumus berdasarkan jurnal Ellefsen & Olafesen tahun 2010 dan rumus berdasarkan EN ISO 12354 yang digunakan untuk simulasi. Dari hasil perhitungan rumus dan pengukuran di lapangan, diperoleh nilai yang berbeda. Hal ini

terjadi karena pada perhitungan dan simulasi mempertimbangkan parameter massa, tebal panel, modulus young, luas area dan nilai *total loss factor* dari material partisi saja. Sedangkan pada pengukuran, dipertimbangkan juga faktor lingkungan dari ruang kelas yang diuji dan terdapat material-material lain disekitar yang juga akan mempengaruhi hasil pengukuran di lapangan. Oleh sebab itu, untuk meningkatkan kinerja dari partisi dinding kelas dilakukan pemilihan material dengan insulasi suara yang baik dan sesuai dengan syarat minimal standar yang telah ditentukan.

Pada perancangan pertama dengan material *gypsum board* diperoleh nilai insulasi $D_{nTw}+C$ sebesar 59 dB. Perancangan kedua menggunakan *plasterboard* dengan nilai insulasi sebesar 65 dB. Perancangan ketiga dengan menggunakan material *cement board* diperoleh nilai insulasi sebesar 69 dB. Terakhir, perancangan dengan menggunakan PVC diperoleh nilai insulasi sebesar 60 dB. Nilai yang diperoleh dari beberapa perancangan diatas telah memenuhi standar minimal yang telah ditentukan, yaitu $D_{nT}+C > 51$ dB. Berdasarkan hasil simulasi, dapat ditarik kesimpulan bahwa densitas dari material berpengaruh terhadap nilai insulasinya. Semakin besar densitasnya, semakin baik nilai insulasi yang diperoleh pada material tersebut. Selain itu nilai *poisson's ratio* juga berpengaruh terhadap nilai insulasi yang dihasilkan suatu material. Nilai *poisson's ratio* merupakan sebuah konstanta yang berhubungan dengan elastisitas suatu material. Berdasarkan teori, material yang memiliki sifat elastisitas tinggi akan menjadi insulator yang lebih baik dibanding dengan material kaku, karena sifat tersebut berperan dalam mengurangi timbulnya resonansi suatu material (Mediastika, 2005).Hal ini dapat dilihat pada material *cement board* dan *plasterboard*. Densitas *plasterboard* tidak sebesar densitas pada material PVC, akan tetapi menghasilkan nilai insulasi yang lebih tinggi dibanding dengan nilai PVC. Hal ini disebabkan oleh material *plasterboard* memiliki nilai *poisson ratio* paling tinggi dibanding material lain yaitu sebesar 0,27. Selain parameter diatas, ketebalan partisi dan ketebalan material *absorber* memberikan kontribusi yang cukup besar dalam mengisolasi suara. Berdasarkan pertimbangan

tersebut, *cement board* dan *plasterboard* merupakan pilihan yang tepat dalam perancangan dinding partisi. Akan tetapi dari sisi ekonomi, harga dari material *cement board* lebih mahal dibandingkan dengan material lainnya. Oleh sebab itu, alternatif lain dapat dipilih material *gypsum board*, *plasterboard*, dan PVC. Ketiga material tersebut merupakan material dengan harga terjangkau dibandingkan dengan *cement board* dan juga mudah dari segi instalasinya.

Prediksi *flanking path* pada ruang kelas, dapat ditinjau dari *noise reduction* tiap titik pada posisi pengukuran antara kedua ruang kelas. Perbandingan nilai *noise reduction* pada titik satu dan titik dua masing-masing bernilai 23,27 dB dan 23,19 dB. Sedangkan nilai *noise reduction* pada titik tiga dan empat masing-masing bernilai 24,66 dB dan 23,51 dB. Berdasarkan *noise reduction* dari tiap titik yang diukur, transmisi suara melalui dinding partisi samping di UPT Bahasa ITS tidak terlalu signifikan, sehingga dapat dikatakan bahwa *flanking path* tidak berpengaruh banyak dalam perambatan bunyi dari ruang sumber ke ruang penerima.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN A

MICROPHONE BSWA MPA416



MPA416 Features :

High Sensitivity : 50 mV/Pa

Flat Frequency Response : 20 Hz ~ 20 kHz with IEC
61672 Class 1 tolerances

Phase Match : Special attentions are paid to
phase-match ; MPA416 has the guaranteed phase – match
tolerances

The Main Application :

- Microphone array;
- General acoustical measurements at controlled environments (in rooms or laboratories)

ICP TEDS MICROPHONE MPA416	
Response	Free-field
Sensitivity	-26 dB \pm 2 dB (ref 1 V/Pa) ; or 50mV/Pa

ICP TEDS MICROPHONE MPA416	
Equivalent Noise Level	29 dB (A)
Upper Dynamic Limit	127 dB
Frequency Range	20 Hz~20 kHz
Power Supplier	ICP
T.H.D	< 3 % AT 128 dB SPL
Temp. Coefficient (100 Hz at reff Temp 23 C)	15~ 35 C : < $\pm 0,3$ dB
	0~40 C : < $\pm 1,5$ dB
	-10 C ~ 50 C : < $\pm 3,0$ dB
Humidity Coefficient	20%~90% RH : SPL Change < $\pm 0,8$ dB at 1000 Hz at temp 30 C and reff 50% RH
Operating Temperature Range	-10 C ~ 50 C
Polarization Voltage	0V

BSWA MC3022



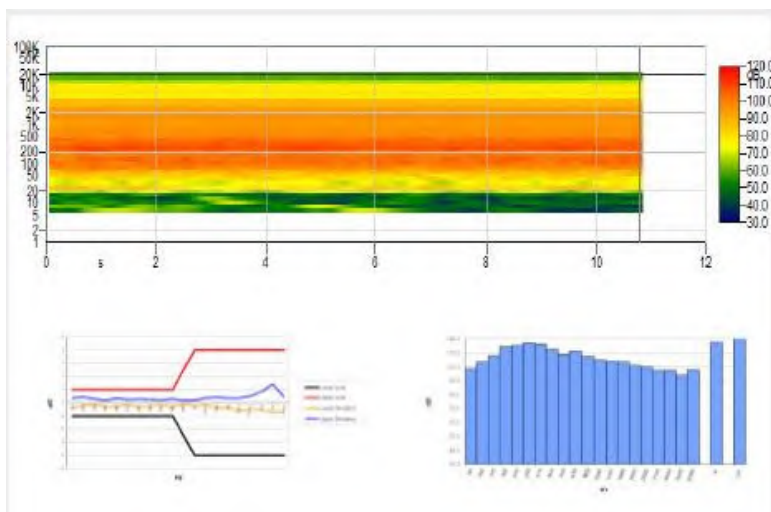
Data Acquisition Hardware MC3022	
Model	MC3022
Input Chanel	2, ICP (4 mA)
Max Input Voltage	1,0 Vrms
Output Channel	1,0
Max Output Voltage	1,0 Vrms
Frequency Response	IEC 61672 Type 2
Connector	BNC
A/D Converter	24 Bits
Max.Sampling Frequency	44,1 kHz
Internal Noise	35 dBA
Frequency Response (Ref: 250 Hz, + 0,5 dB/- 1,0 dB)	20 Hz - 20 kHz

DODECAHEDRON NTEK

OMNI 5" Series Dodecahedron Source



Sumber dodecaetrica OMNI dirancang sesuai kualitas specidiche dan desain sesuai dengan UNI EN ISO 140.



Specification	
Type	Dodecahedron Source
Standards	UNI EN ISO 140
Max Power Input	350 + 350 Watt rms
Impedance	3 ohm
Diameter	35 cm
Weight	12 Kg 5"
Accessories	Tripod and Bags

LAMPIRAN B

PERANCANGAN DINDING PARTISI

Plywood – cavity – plywood : 12 mm – 66 mm – 12 mm

massa jenis (ρ):	800 kg/m ³
massa perluas (m):	10.58kg/m ²
Total Loss Factor (η):	0.02
Modulus Young (Y) :	12000000000 Gpa
d (jarak antar panel):	0.0066 m
Co (cepat rambat bunyi):	340
A (luas dinding) :	12 m ²
h (ketebalan) :	0.012 m

f0	321.1082
fd	8333.333
fc	1372.025

Transmission loss single panel 12 mm :

Freq	20log(mf)	$\ln(2\pi f/co)^*(A^{(1/2)})$	(f/fc) ²	20LOG(1-A)	R
100	60.48	2.125553868	0.005312	-0.04626	15.16873
125	62.43	2.898545804	0.0083	-0.0724	15.73372
160	64.57	3.753694199	0.013599	-0.11893	16.70859
200	66.51	4.526686135	0.021249	-0.18655	17.76595
250	68.45	5.299678072	0.033201	-0.29328	18.91274
315	70.46	6.100272558	0.052711	-0.47035	20.13209
400	72.53	6.927818403	0.084996	-0.77154	21.35341
500	74.47	7.70081034	0.132806	-1.23767	22.36608

630	76.48	8.501404826	0.210842	-2.05672	23.1249
800	78.56	9.328950671	0.339982	-3.60889	23.2443
1000	80.49	10.10194261	0.531222	-6.58066	21.86501
1250	82.43	10.87493454	0.830035	-15.3928	14.67086

Freq	20log(mf)	2 n tot f/fc	R
1600	84.57211	0.046646	24.26029337
2000	86.51031	0.058308	27.16759376
2500	88.44851	0.072885	30.07489415
3150	90.45592	0.091835	33.0860105

Transmission loss double panel :

FREQ	R1+R1	R
100	30.33746	-2.271665609
125	31.46743	0.796509329
160	33.41718	4.890461722
200	35.53191	8.943388316
250	37.82548	13.17515702
315	40.26417	17.62126258
400	42.70683	22.13890355
500	44.73216	25.10243728
630	46.24979	29.62748195
800	46.4886	31.94127631
1000	43.73001	31.1208931
1250	29.34172	18.67080296
1600	48.52059	39.9938651
2000	54.33519	47.74666614
2500	60.14979	55.49946718
3150	66.17202	63.52911079

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai insulasi (D_{nTw+C}) dinding partisi ruang kelas di UPT Bahasa ITS bernilai 21, (-1,4) dB dan belum memenuhi syarat yang ditentukan yaitu sebesar $D_{nTw+C} > 51$ dB sehingga diperlukan perancangan ulang untuk meningkatkan kinerja dari insulasi akustik dinding partisi.
2. Berdasarkan nilai *noise reduction*, prediksi jalur *flanking* di UPT Bahasa tidak terlalu signifikan, yaitu untuk titik pengukuran 1 dan 2 bernilai masing-masing sebesar 23,27 dan 23,16 dB sedangkan untuk titik pengukuran 3 dan 4 masing-masing sebesar 24,66 dan 23,51 dB. Hal ini menunjukkan jalur *flanking* tidak berpengaruh besar terhadap transmisi suara pada ruang kelas.
3. Perancangan dengan nilai peningkatan nilai insulasi terbaik yaitu pada perancangan ketiga, yaitu material *cement board* dengan nilai insulasi sebesar 69 dB, kemudian diikuti dengan *plaster board* sebesar 65 dB, PVC sebesar 60 dB, dan *gypsum board* sebesar 59 dB.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu pada perancangan ulang dinding partisi sebaiknya ditambahkan *stud* agar nilai insulasi meningkat serta dapat diaplikasikan dan dibuktikan secara perhitungan matematis dan secara eksperimen. Selain itu, untuk penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan dan menganalisa *impact sound insulation* dalam isolasi terhadap kebisingan yang berasal dari struktur bangunan akibat getaran jika dari segi pemilihan lokasi memungkinkan untuk dilakukan analisa tersebut .

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Ballagh, K.O. 2004. **Accuracy of Prediction Methods for Sound Transmission Loss**. New Zealand.
- Barron, Randall F. 2001. **Industrial Noise Control and Acoustics**. New York : Marcel Dekker.
- Ellefsen Jarle. Olafesen, Sigmund. 2010. **Empirical Calculation of Sound Insulation in Lightweight Partition Wall with Separate Steel Stud**. Sydney.
- Heinz Frick. Antonius Ardiyanto. AMS Darmawan. 2008. **Ilmu Fisika Bangunan**. Yogyakarta : Kanisius
- Harris, D.J. Knight, Steven. 2007. **Measurement of Airborne Sound Insulation (Separating Walls) at Gwynne Gardens, East Grinstead**. UKAS testing.
- Hemond, Conrad J. 1983. **Engineering Acoustic and Noise Control**. New Jersey : Prentice Hall
- Mediastika, Christina E. 2005. **Akustika Bangunan**. Jakarta : Erlangga.
- Rachmawati Fitri. Rahmadiansah Andi. A Argo Wiratno. 2013. **Peningkatan Insulasi Akustik dari Dinding Partisi Antar Kamar Berdasarkan Nilai Rugi Transmisi Bunyi**. Surabaya : Jurnal Teknik Pomits Vol.2, No.1.
- Whitefield, W. A. 2005. **Measurement of Airborne & Impact Sound Insulation**. UKAS testing.
- Raichel, Daniel R. 2006. **The Science and The Application of Acoustics**. Springer Science+Business Media : USA.
- Hernández A ,Melián .2014. **Direct and Flanking Airborne and Impact Sound Insulation of Different Swiss Timber Floor and Wall Construction**. University of Applied Sciences,

Solothurnstr : Switzerland

Quirt, J.D. 2008. **Airborne Insulation In Multi- Family Building**. National Research Council of Canada : Canada

BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis Ranti Dwi Tassia yang dilahirkan di Kota Duri pada tanggal 3 Mei 1994 dari ayah bernama Taswir dan ibu bernama Seuzia Danielda. Penulis merupakan anak bungsu dari dua bersaudara. Penulis telah menamatkan pendidikan formal di SDS Cendana Duri pada tahun 2006, SMPS Cendana Duri pada tahun 2009, SMAS Cendana Duri pada tahun 2012. Pada tahun 2016, penulis telah berhasil menyelesaikan gelar sarjana Strata 1 di Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama menjadi mahasiswa penulis cukup aktif berorganisasi seperti di HMTF sebagai staf department sosial masyarakat dan di Laboratorium Vibrasi dan Akustik sebagai bendahara anggota Lab. Penulis memiliki hobi membaca dan mengambil tema bidang minat akustik dan fisika bangunan. Penulis dapat dihubungi pada alamat email rantidwitassia12@gmail.com